

## Capítulo primero

# La disrupción tecnológica ya está aquí. Cómo afecta a las personas, los gobiernos y las empresas

Ignacio de la Torre

### Resumen

Ante la disrupción tecnológica a la que nos enfrentamos, analizamos en este artículo el contexto histórico de situaciones similares que nos permitan entender los factores tecnológicos subyacentes a la actual aceleración. Exponemos las diferentes tecnologías que marcarán nuestro futuro: la inteligencia artificial ancha y estrecha, internet de las cosas, *blockchain*, impresión en tres y en cuatro dimensiones y vehículo autónomo. La disrupción provoca importantísimas consecuencias en forma de destrucción de puestos de trabajo y aparición de otros nuevos, lo que convierte la educación en protagonista absoluta como instrumento de adaptación. Este artículo analiza estos procesos y el futuro previsible. Aunque la historia nos hace ser optimistas en cuanto a que, a medio plazo, el ser humano será capaz de crear nuevos puestos de trabajo suficientes, la realidad es que, en el periodo intermedio, la destrucción será más rápida que la creación, especialmente entre las capas de trabajadores menos cualificados y en los países más pobres. Este proceso abre enormes consideraciones sociales que entre todos deberíamos debatir para actuar sobre ellas e intentar minimizar el daño que se generará entre los más desfavorecidos.

### Palabras clave

Disrupción tecnológica, inteligencia artificial, robótica, macrodatos, *blockchain*, coche autónomo, internet de las cosas, impresión en tres dimensiones,

ciberseguridad, aprendizaje profundo, aprendizaje automático, tecnología militar, macroeconomía, desigualdad, educación, geopolítica, productividad.

#### Abstract

*Ahead of the technological disruption we are facing today, in this article we analyse the historical context of similar circumstances, such that we might understand the underlying technological factors that explain the current acceleration. We develop on the different technologies that will define our future, broad and narrow artificial intelligence, the Internet of Things, blockchain, three and fourdimensional printing and autonomous vehicles. This disruption will have vast consequences in the form of job destruction as well as creation, making education the main protagonist as an adaptation tool. We lay out these processes and the foreseeable future. Although, based on history, we are optimistic that mankind will be capable of creating enough new jobs in the medium term, the reality is that the destruction of jobs will be faster than their creation, especially among low-skilled workers and in poorer countries. This process thus opens up enormous social considerations that should be debated by all, in order to act upon them and try to minimize the damage inflicted on those less favoured.*

#### Keywords

*Technological disruption, artificial intelligence, robotics, big data, blockchain, autonomous vehicle, Internet of Things, three-dimensional printing, cybersecurity, deep learning, machine learning, military technology, macroeconomics, inequality, education, geopolitics, productivity.*

## Introducción

A principios de 2018, siete de las ocho empresas de mayor valor en el mundo eran tecnológicas; hace apenas diez años, solo había una entre las... ¡veinticinco primeras! Cuatro de las siete personas más ricas del mundo son fundadoras de empresas tecnológicas. Compañías de publicidad por internet como Google o Facebook valen, por sí solas, veinte veces lo que la principal red de cadenas de televisión en los Estados Unidos, la CBS. El valor en bolsa de un gigante de la distribución por comercio electrónico como Amazon duplica el de la red de grandes almacenes Walmart, y es quinientas veces superior al de otro gran distribuidor, Sears. Se fundan continuamente nuevas empresas de tecnología disruptiva y, algunas de ellas, sin ni siquiera cotizar en bolsa, alcanzan valoraciones de más de mil millones de dólares en poco tiempo. Son las conocidas como “unicornios”. Hoy en día existen ya 242, que valen en conjunto unos 819.000 millones de dólares. La empresa de transporte Uber es un unicornio. Hace poco ha sido valorada en más de 62.000 millones de dólares, cifra que supera el valor de todas las empresas de alquiler de coches juntas. La red de pisos compartidos Airbnb, que tan solo tiene ocho años de vida, vale casi lo mismo que el gigante hotelero Marriott, con ochenta años de antigüedad. Un año atrás, Softbank lanzó el fondo de capital riesgo (*venture capital*)<sup>1</sup> “Vision” para invertir la friolera de 93.000 millones de dólares en la revolución tecnológica<sup>2</sup>. Es posiblemente el mayor fondo de capital privado de la historia.

En 1960, la empresa más valiosa del mundo era General Motors: empleaba a 600.000 personas para ganar unos 7.600 millones de dólares en dinero actual. Hoy en día, la principal empresa en valor es Apple, que gana 48.000 millones de dólares —más de seis veces lo que ganaba General Motors— con tan solo 123.000 trabajadores. En otras palabras, el beneficio neto por empleado de Apple multiplica por treinta el que en su momento generaba General Motors, abriendo enormes interrogantes sobre si habrá suficientes trabajos para todos en el futuro. Como dijo Voltaire, el trabajo nos libra de los tres males peores, «el vicio, el aburrimiento y la necesidad». Podríamos añadir la insatisfacción personal, pero si nos preocupa el futuro de los trabajos, deberíamos también preocuparnos de los cuatro males inherentes.

Este artículo intenta explicar los motivos de la aceleración de la disrupción tecnológica mediante el análisis de las cinco tecnologías que, en nuestra opinión, tendrán un mayor impacto en nuestro futuro: inteligencia artificial, internet de las cosas, vehículos autónomos, impresión en tres y en cuatro

---

<sup>1</sup> Los fondos de capital riesgo (*venture capital*) son aquellos que financian a empresas en edad temprana del ciclo, con componentes innovadores y tecnológicos a cambio de una participación accionarial de la compañía.

<sup>2</sup> RUSELL, John. «SoftBank’s massive Vision Fund raises \$93 billion in its first close». 20 de mayo de 2017. <https://techcrunch.com/2017/05/20/softbank-vision-fund-first-close/>

dimensiones y *blockchain*. Dada la naturaleza de la publicación, incluimos una sección *ad hoc* en cada tecnología, analizando implicaciones militares. A continuación, exponemos las que, a nuestro entender, serán las consecuencias sociales y económicas de la disrupción tecnológica. Y antes de finalizar con las conclusiones del documento, ofrecemos nuestra modesta visión sobre cómo la disrupción tecnológica podría afectar al futuro de la geopolítica.

¿Qué está pasando? La confluencia de la multiplicación de datos disponibles con el empleo de algoritmos avanzados, que permiten tratarlos y procesarlos cada vez con más potencia e inteligencia, está acelerando la disrupción tecnológica. Los datos crecen de forma desenfadada gracias a la popularización de internet (disponible ya para la mitad de la población), la accesibilidad a los teléfonos inteligentes y los sensores capaces de conectar todo tipo de máquinas a internet, un fenómeno conocido como el "internet de las cosas". Todo ello constituye el caldo de cultivo para la aceleración de la disrupción tecnológica, proceso que se ha denominado "la cuarta revolución industrial". Así pues, se está replanteando el futuro de sectores clave de la economía, lo que explica la revolución del capital riesgo, de los unicornios y de las enormes empresas tecnológicas cotizadas en bolsa.

Además, la disrupción provoca importantísimas consecuencias en forma de destrucción de puestos de trabajo y aparición de otros nuevos, lo que convierte a la educación en protagonista absoluta como instrumento de adaptación al nuevo marco laboral. Este artículo analiza también estos procesos y el futuro previsible. Aunque la historia nos dice que podemos ser optimistas en cuanto a que, a medio plazo, el ser humano será capaz de crear un número suficiente de nuevos puestos de trabajo, la realidad es que, en el periodo intermedio, el ritmo de destrucción de empleos podría ser más rápido que el de creación, especialmente entre las capas de trabajadores menos cualificados y en los países más pobres. Este proceso abre enormes consideraciones sociales que deberíamos debatir entre todos, para actuar sobre ellas e intentar minimizar los daños que sufrirán los más desfavorecidos. Además, las consecuencias geopolíticas son formidables. Si durante los últimos treinta años hemos vivido una convergencia del PIB per cápita entre países desarrollados y países emergentes, la disrupción tecnológica podría truncar este fenómeno, ya que la principal ventaja competitiva de los emergentes, la mano de obra barata, se ve seriamente amenazada por procesos como la inteligencia artificial o la impresión en tres dimensiones. La otra gran ventaja competitiva de muchos países emergentes reside en su exportación de energía. Como veremos, muchos de los avances que resultan de la cuarta revolución industrial explican enormes saltos cuantitativos en la eficiencia energética. La consecuencia directa es que el poder de países productores como Rusia, Irán o Arabia Saudí podría sufrir mucho si estos cambios llegan a materializarse.

En el polo opuesto, la tecnología también presentará importantes oportunidades en forma de trabajos más divertidos, mejor remunerados y con jorna-

das laborales más reducidas. Además, nos permitirá vivir más años, con una salud sensiblemente mejor.

«Estamos siendo afectados por la nueva enfermedad cuyo nombre muchos todavía no han escuchado, pero de la cual escucharán bastante en los años que vienen: el problema del desempleo tecnológico. Significa el desempleo debido a que el ritmo de descubrimiento de tecnologías que automatizan el uso del trabajo está superando al ritmo con que estamos creando nuevos trabajos. La depresión mundial que nos envuelve, la enorme anomalía de desempleo en un mundo lleno de necesidades, los errores desastrosos que hemos cometido, todos estos factores no nos dejan ver la verdadera interpretación de lo que está pasando debajo de la superficie: la tendencia hacia dónde van las cosas».

Esta frase no es actual. La pronunció Keynes en el año 1930. Pero estamos ya ahí, ante un enorme reto que intentamos analizar en este artículo.

### **Disrupción tecnológica, perspectiva histórica y factores tecnológicos subyacentes que explican su aceleración**

#### *Perspectiva histórica*

Una buena forma de iniciar este artículo y abordar las emociones subyacentes consiste en entender el problema desde una perspectiva histórica. La ansiedad que genera la incertidumbre tecnológica se reducirá en gran parte al observar no solo que los problemas que ahora preocupan al ser humano son los mismos desde hace siglos, sino que este ha sido capaz de resolverlos de forma exitosa.

El propio Homero (siglo VIII a. C.), en el canto 18 de la *Ilíada*, ya habla sobre cómo la diosa Tetis se encuentra al dios Hefesto sudoroso, fabricando un carro con ruedas de oro capaz de moverse autónomamente para entrar y salir de la casa de los dioses sin tracción humana o animal; es un precedente visionario del vehículo autónomo... de hace más de 3.000 años. Aristóteles anticipó en su *Política* (350 a. C.) la inteligencia artificial cuando propuso analizar un conjunto de reglas sobre el funcionamiento de la mente para así extraer automáticamente conclusiones racionales. Según el sabio griego, esto podría desembocar en la automatización de tareas, lo que permitiría hacer desaparecer la esclavitud: «Supongamos que cada herramienta que tengamos pudiera realizar su tarea, ya sea por nuestra voluntad o por su autopercepción de la necesidad; los maestros artesanos no tendrían necesidad de siervos ni los amos, de esclavos». Estas ideas fueron aplicadas por Ctesibio de Alejandría (250 a. C.), quien construyó un regulador del flujo de agua —racional, pero sin razonamiento—.

En 1315 el sabio mallorquín Ramon Llull, en su libro *Ars Magna*, expuso la idea de que el razonamiento podía ser efectuado de manera artificial, para

lo que se propuso diseñar una “máquina lógica”, génesis del pensamiento que siglos más tarde desarrollaría la primera calculadora y el primer ordenador. El inventor italiano Leonardo da Vinci, en el siglo xvi, intentó diseñar vehículos autopropulsados de tres ruedas y esbozó el primer robot autómat<sup>3</sup>. El matemático y filósofo francés Pascal intentó aplicar las intuiciones de Aristóteles y de Llull para diseñar los fundamentos de la primera máquina de cálculo, la pascalina (siglo xviii), construida a partir de conceptos desarrollados en la Edad Media, en la que se plasmaron los fundamentos de una calculadora mediante el empleo de los *Exequer*, o tablas de cálculo.

La reacción humana ante la industrialización, que comenzó en Inglaterra en el siglo xviii, no se hizo esperar. Así, en este país surgieron los luditas, que defendían atacar físicamente las fábricas para evitar “la desaparición del trabajo” de forma que, a principios del siglo xix (1812), la destrucción de máquinas estaba tipificada como delito que se penaba con la muerte, condena que fue aplicada a varias decenas de personas que habían osado acabar con maquinaria fabril en tan convulso tiempo de guerras napoleónicas.

El 10 de junio de 1930, Keynes pronunció una conferencia en la Residencia de Estudiantes de Madrid («Posible situación económica de nuestros nietos»), en la que planteaba los riesgos que para el trabajo suponía la utilización de robots a un ritmo superior a la capacidad de la economía para encontrar nuevos empleos a la gente desplazada por la tecnología. Acuñó el término “desempleo tecnológico” para referirse a esta situación. También auguró que, a raíz de este fenómeno, la jornada laboral al cabo de cien años sería de solo quince horas semanales, lo que repercutiría positivamente en la felicidad humana... Un año después, en 1931, Einstein se haría eco de esta inquietud y del impacto que tendrían los robots en nuestras vidas futuras: «Las tecnologías destinadas a servir al progreso del mundo liberando a la humanidad de la esclavitud del trabajo están ahora a punto de abrumar a sus creadores».

Esta línea de pensamiento se mantuvo y, en los años sesenta, el presidente Kennedy ya planteó el reto de mantener el pleno empleo en una corriente de robotización. Transcurrieron más de veinticinco años desde que los primeros aviones a reacción aparecieron, a finales de la Segunda Guerra Mundial, hasta que el hombre pudo llegar a la Luna; sin embargo, estos plazos de tiempo se acortarán a futuro. Así, por ejemplo, el ordenador que hizo posible el alunizaje del Apollo en 1969, Guidance Computer, tenía 12.300 transistores. El iPhone 7 dispone de 3.300 millones, lo que permite la descarga de casi 200.000 millones de aplicaciones (*apps*) al año<sup>4</sup>. La revolución de la

---

<sup>3</sup> En una conferencia reciente en Chatham House, el profesor Richard Susskind realizó una excelente reseña sobre los antecedentes históricos de la adopción tecnológica y, en su caso, las reacciones que esta provocó, mencionando la *Iliada* y a Leonardo da Vinci, los luditas, Keynes y Kennedy.

<sup>4</sup> Entre ellas, Confesión, una *app* aprobada por la Iglesia Católica que permite preparar confesiones, signo de los tiempos.

capacidad de procesamiento tendrá profundas consecuencias. Recordemos la leyenda sobre el origen del ajedrez, en la que un rey indio, que quedó muy complacido con el juego, le ofreció al inventor cualquier premio que pidiese. El inventor pidió un grano de arroz en el primer recuadro del tablero, dos en el segundo, cuatro en el tercero, y así progresivamente, duplicándose en cada casilla. El rey se rió del inventor por pedir tan poco y accedió a ello. Cuando sus sabios lo calcularon, le trasladaron que ni plantando toda la tierra siete veces se podría pagar el compromiso. Hasta la casilla 32 es manejable con un gigantesco campo de arroz, a partir de ahí es, simplemente, inviable. La paradoja es que el rey mandó decapitar al inventor por reírse de él... En cualquier caso, la historia es pertinente para analizar el impacto que la ley de Moore, que pronosticó en 1965 que cada dieciocho meses se duplicaría la capacidad de procesamiento, puede tener en nuestras vidas. La predicción ha resultado correcta y, según ha calculado algún profesor del MIT, en 2006 hemos alcanzado la "casilla 32" del ajedrez, luego las consecuencias de la duplicación continua de la capacidad de procesar datos por parte de ordenadores pueden ser formidables. Una máquina sola hacia mediados de siglo podrá tener más capacidad de computación que todos los seres humanos juntos. Es lo que se conoce como el "momento singular".

En cualquier caso, independientemente de las resistencias coyunturales históricas frente al avance tecnológico, en el largo plazo, este siempre ha terminado contribuyendo a elevar sensiblemente la calidad de vida de toda la población, independientemente de su estrato social. La Figura 1 muestra cómo ha menguado de manera significativa el número de horas trabajadas a lo largo de la historia.

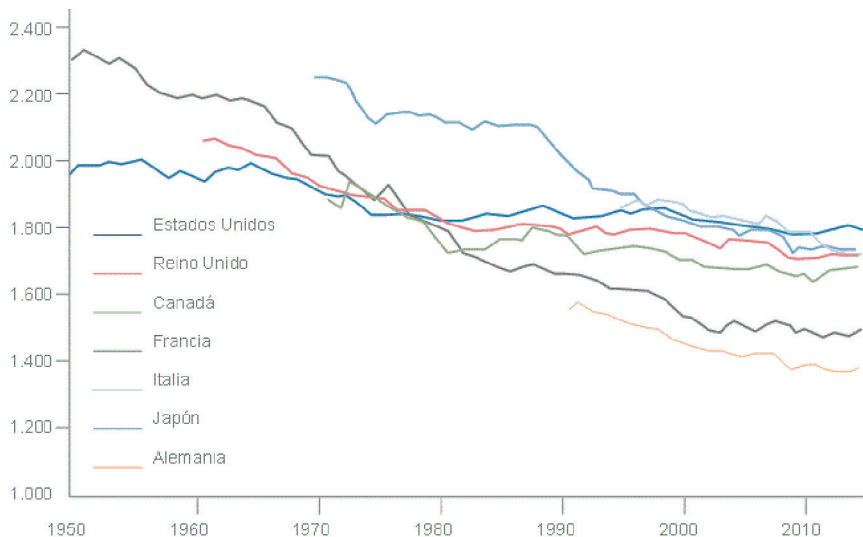


Figura 1: Horas medias anuales trabajadas por empleado. Fuente: Oficina ejecutiva del presidente de los Estados Unidos (2016). Artificial Intelligence, Automation, and the Economy.

A día de hoy, con unos 7.500 millones de habitantes en el planeta, casi la mitad dispone de acceso a internet<sup>5</sup> y, de este segmento, la inmensa mayoría (3.000 millones) lo tiene mediante un teléfono inteligente, lo que nos da una idea del enorme poder disruptivo que en la actualidad puede tener la tecnología frente al pasado. Cualquier pakistaní humilde que cuente con un dispositivo de este tipo —se puede adquirir ya por unos treinta dólares— puede tener mucha más información que un presidente de los Estados Unidos en 1990. Las consecuencias económicas, sociales y geopolíticas son muy profundas.

### *Aceleración tecnológica*

Tenemos la percepción de que las innovaciones tecnológicas crecen a un ritmo desaforado. Tanto, que muchas veces somos incapaces de aprender, ni aprehender, su velocidad y su impacto. Los ritmos de adopción de tecnologías disruptivas se han acelerado exponencialmente en las últimas décadas. Así, si la introducción de inventos como la radio o el automóvil a principios del siglo XX tardaron cerca de cincuenta años en adoptarse generalizadamente, el uso de internet o de los teléfonos inteligentes lo ha hecho masivamente en apenas cinco años.

El avance tecnológico imparable se manifiesta inequívocamente en el hecho de que siete de las ocho compañías cotizadas más grandes del mundo están relacionadas con la tecnología. Además, como ya hemos visto, de las siete personas más ricas del mundo, según *Forbes*, cuatro pertenecen al sector tecnológico. Por todos estos motivos, ningún agente económico relevante debería mantenerse al margen de tener un conocimiento mínimo razonable de las implicaciones más significativas que puede tener el potente avance tecnológico en proceso.

### **Descripción de tecnologías disruptivas**

En este apartado estudiaremos en detalle tres tecnologías que consideramos esenciales: inteligencia artificial y derivadas, internet de las cosas y el vehículo autónomo. Adicionalmente esbozaremos otras dos que también son importantes, como *blockchain* y la impresión 3D. Para hacerse una idea de la situación inicial, la prestigiosa consultora tecnológica Gartner actualiza periódicamente la posición en la que se encuentran las principales tecnologías en el denominado ciclo de Gartner<sup>6</sup> (ciclo de vida de las tecnologías). Dicho

<sup>5</sup> La cifra irá aumentando rápidamente a medida que se ponen en marcha proyectos para hacer llegar internet a todo el mundo, mediante el empleo de medios diversos como drones o globos, estos últimos impulsados por Google y Facebook (Proyecto Loon).

<sup>6</sup> PANETTA, Kasey. «Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies». 15 de agosto de 2017. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>



ciclo presenta cinco fases: i) lanzamiento, ii) pico de expectativas, iii) abismo de desilusión, iv) consolidación, y v) meseta de productividad o adopción generalizada. De las que abordamos en el artículo, la mayoría están todavía en fases tempranas del ciclo, aunque es necesario destacar que estos son relativamente cortos. Así, se espera que el internet de las cosas y el aprendizaje automático (principal derivada de la inteligencia artificial) alcancen la meseta de productividad en un plazo de dos a cinco años; *blockchain*, de cinco a diez años; y tanto la impresión en 4D como el vehículo autónomo, en más de diez años.

### *Inteligencia artificial, robótica y macrodatos*

La compañía de distribución francesa Carrefour introdujo hace dos años el robot Pepper, de la mano de grandes marcas, para evaluar su utilización a modo de dependiente en sus centros comerciales, marcando un ejemplo de cómo la robotización<sup>7</sup> basada en la inteligencia artificial puede revolucionar los trabajos del mañana. También se ha popularizado el robot Baxter, que por unos 25.000 dólares es capaz de realizar tareas de producción en diferentes medios. Hoy en día, por ejemplo, muchas crónicas de partidos de segunda división son escritas automáticamente por robots.

En realidad, la revolución robótica comenzó mucho antes. Cuando echamos gasolina, no nos damos cuenta de que interaccionamos con un robot. Los primeros surtidores automáticos surgieron en 1964 y produjeron un fuerte desplazamiento de mano de obra hacia otras tareas, tales como el desarrollo de pequeñas tiendas en las gasolineras.

La inteligencia artificial es la aplicación de sistemas computacionales en máquinas que permiten replicar tareas hasta ahora efectuadas por humanos. Así, por ejemplo, IBM desarrolló la máquina Deep Blue, que derrotó al campeón mundial de ajedrez Gary Kasparov en 1996<sup>8</sup>, y la división de inteligencia artificial de Google, DeepMind<sup>9</sup>, desarrolló AlphaGo, que derrotó

---

<sup>7</sup> Enlace a vídeo que muestra los siete robots automatizados más inteligentes del mundo, desarrollados por Honda y Boston Dynamics: <https://www.youtube.com/watch?v=rVlhMGQgDkY&t=5s>

<sup>8</sup> En realidad, se había predicho este punto de inflexión para 1968... aunque tardó casi treinta años en producirse. La respuesta de Kasparov al perder fue magistral: «Al menos mi adversario no ha disfrutado de la victoria». Al poco tiempo, un gran maestro de ajedrez respondió así a la pregunta sobre cómo preparaba su futura partida contra una máquina: «Con un gran martillo».

<sup>9</sup> Google DeepMind es una compañía de inteligencia artificial inglesa creada en 2010 como Tecnologías DeepMind, que fue adquirida por Google en 2014. Hoy en día DeepMind está enfocada en la detección de enfermedades oculares. Enlace a un vídeo que muestra el que se considera gran hito de la inteligencia artificial: la victoria de AlphaGo, ordenador desarrollado por Google DeepMind ante el tres veces campeón del mundo: <https://www.youtube.com/watch?v=JNrXgpSEEIE>

en 2016 al campeón mundial del juego milenario Go, del que se dice que hay más movimientos que átomos en el universo. Estos ejemplos ilustran las aplicaciones de la inteligencia artificial, tecnología que, por ejemplo, está detrás de Amazon cuando nos ofrece productos teniendo en cuenta nuestras compras o búsquedas pasadas. También está detrás del concepto creciente de supermercado automatizado<sup>10</sup>.

Paradójicamente, el término “robot” había sido acuñado en los años veinte por el escritor checo Capek, utilizando un vocablo checo equivalente a “esclavo”<sup>11</sup>. El término “inteligencia artificial” fue acuñado en 1956 por John McCarthy, quien la definió como el proceso de hacer una máquina inteligente. De ahí que esté íntimamente relacionada con la robótica. A su vez, la generación masiva de datos provoca la necesidad de procesarlos mediante algoritmos para poder tomar decisiones, elementos base de la inteligencia artificial. Con todo, muchas predicciones que se han hecho los últimos cincuenta años sobre los robots no se han cumplido, así que el futuro será mucho más incierto<sup>12</sup>.

Se distingue entre inteligencia artificial “general”, que intenta replicar la inteligencia humana, e inteligencia artificial “estrecha”, que comprende la optimización de tareas sencillas del día a día por parte de una máquina. A su vez, la “superinteligencia artificial” busca superar la inteligencia humana mediante el razonamiento y la solución de problemas complejos. DeepMind o NEIL (descrito más abajo) son ejemplos de la primera. La inteligencia artificial general está todavía a muchos años (¿diez?) de plasmarse en resultados, sin embargo la estrecha está ya eclosionando.

El proceso de aprendizaje de una máquina puede ser retrospectivo, es decir, analiza el pasado para detectar errores mediante algoritmos computacionales, utilizando distribuciones de probabilidad para realizar asunciones. Es lo que se denomina aprendizaje automático. Por ejemplo, Facebook, junto con otras empresas, está desarrollando mediante inteligencia artificial los denominados *chatbots*: agentes de diálogo en forma de chats que aplican la

---

<sup>10</sup> Enlace a vídeo que muestra el supermercado de Amazon, el más avanzado del mundo tecnológicamente: <https://www.youtube.com/watch?v=NrmMk1Myrxc>

<sup>11</sup> En los idiomas español o inglés, el vocablo “esclavo” proviene de “eslavo”, por el enorme tráfico de esclavos eslavos que se desarrolló en el pasado hacia mercados islámicos. Dado que Capek era eslavo, es entendible que quisiera buscar un lexema diferente.

<sup>12</sup> Un buen ejemplo de la complejidad de estimar la magnitud de la disrupción tecnológica es lo que le sucedió a la operadora telefónica AT&T en 1985. La empresa encargó a una de las consultoras más prestigiosas del momento que estimara qué pasaría con el negocio de la telefonía móvil en los EE. UU. en un plazo de quince años (en el año 2000). La consultora auguró que el número se incrementaría hasta los 900.000 usuarios. Finalmente, el dato real fue de... ¡109 millones! Otro dato que ejemplifica la dificultad de anticipar la disrupción es lo que le sucedió a Nokia hace pocos años, cuando no apostó por los teléfonos inteligentes por considerar que casi nadie pagaría más de trescientos dólares por un móvil sofisticado. Hoy en día casi el 40 % de la humanidad tiene uno...

inteligencia artificial al comercio electrónico y realizan funciones de atención al cliente, como puede ser una reserva en un restaurante, sin necesidad de que intervenga un humano por parte de la empresa. En un grado superior, se puede alcanzar lo que se denomina comercio electrónico conversacional: utilizando asistentes como Google Home o Alexa podemos comprar entradas para el cine o una botella de vino, o pedir un taxi.

En el denominado aprendizaje cognitivo, un avanzado método que no es directamente una tipología de aprendizaje automático (aunque utiliza diversas técnicas asociadas al mismo), el aprendizaje es prospectivo. La máquina puede realizar juicios y percibir conocimiento y, por ello, tomar decisiones para el futuro, simulando el pensamiento humano y teniendo en cuenta la incertidumbre, pero con la ventaja de haber procesado millones de datos no estructurados. Así, por ejemplo, IBM Watson desarrolla tecnologías cognitivas en muchos sectores, desde la medicina hasta el comercio, mejorando la toma de decisiones empresariales.

La utilización del internet de las cosas con redes neuronales<sup>13</sup> para así predecir el futuro se denomina aprendizaje profundo. Esta tecnología, que existe desde los años setenta, se ha desarrollado aceleradamente a medida que aumentaba la capacidad de procesar datos. Por ejemplo, los coches autónomos están gradualmente aprendiendo a reconocer obstáculos y reaccionar ante ellos; un coche autónomo sabe que cuando el semáforo está rojo tiene que parar, pero aún no es capaz de razonar que el cable de alta tensión que acaba de romperse a escasos metros puede caer sobre él en tan solo unos segundos, ya que esto implica, precisamente, razonamiento. Para conseguir el razonamiento hace falta que los robots “aprendan” del conocimiento desestructurado<sup>14</sup>, relacionando imágenes y consecuencias. La Universidad Carnegie Mellon está desarrollando actualmente un proyecto de estas características mediante su robot NEIL, al que se le muestran durante veinticuatro horas al día diferentes imágenes, de forma que poco a poco comience a razonar. Así, por ejemplo, NEIL ya sabe que un coche tiene ruedas, aunque no las vea, o que la palabra “*Columbia*” en inglés puede referirse tanto a una universidad como a unos estudios de cine.

---

<sup>13</sup> Las redes neuronales son sistemas de cálculo basados en el comportamiento observado en cerebros biológicos, a través de neuronas individuales y sus conexiones, activando o inhibiendo las adyacentes. Los sistemas acaban aprendiendo y formándose a sí mismos y son muy útiles para ofrecer soluciones donde la programación convencional no es capaz de llegar. Cuando se desarrollaron los primeros ordenadores no se contempló la idea de imitar un cerebro y la inteligencia resultante de la memoria. Así, si tocamos tres veces una taza caliente la experiencia hará que no lo volvamos a hacer. Un ordenador no piensa así, pero mediante las redes neuronales se consigue precisamente emular el cerebro humano y que el robot actúe en consecuencia.

<sup>14</sup> Ejemplos serían el mencionado cable a punto de caer o la reacción ante un conductor ebrio.

Con todo, los robots pueden reemplazar a los humanos en tareas manuales sencillas. Otras más complejas, como sacar unas llaves del bolsillo, son muy difíciles de ejecutar; además un robot es incapaz de realizar una programación sencilla de diez líneas o resolver problemas complejos (*metathinking*)<sup>15</sup>. Sin embargo, sí son capaces de realizar con mayor eficacia que los humanos aquellas tareas que comprenden el procesamiento masivo de datos, como el procesamiento del lenguaje o reconocimiento facial o de voz. No tienen emociones, pero paradójicamente pueden ser mucho mejores que los humanos reconociendo las ajenas. Así, por ejemplo, un robot puede percibir mejor si una sonrisa es falsa o genuina. Asimismo, existe una aplicación que permite a una persona con trastorno bipolar hablar a un terminal telefónico, que será capaz de reconocer si está sufriendo una crisis y le permitirá pedir ayuda o tomar determinadas decisiones.

La implementación de la inteligencia artificial a través de tecnología móvil (teléfonos inteligentes) se denomina AMI (*Automated Mobile Intelligence*). Por ejemplo, un vendedor puede dotarse de un *software* inteligente en su móvil, que analizará funciones de compra de diversos clientes y le sugerirá productos que puede ofrecerles, con altas probabilidades de éxito.

Como hemos visto, la acumulación masiva de datos permite su análisis y procesamiento a través de la inteligencia artificial, facilitando la toma de decisiones. El término macrodatos (o *big data*) hace referencia a una cantidad de datos tal, que supera la capacidad del *software* convencional para capturarlos, administrarlos y procesarlos en un tiempo razonable, utilizando diferentes métodos<sup>16</sup>. La suma de macrodatos y el poder de procesamiento nos ofrecen los ingredientes necesarios para el desarrollo de la inteligencia artificial y la analítica predictiva<sup>17</sup>. A veces, la inteligencia artificial se ha definido jocosamente como «todo aquello que los robots no son capaces de hacer hoy».

---

<sup>15</sup> Para un buen aprendizaje sobre la temática recomendamos escuchar la charla sobre inteligencia artificial del CFR (Council of Foreign Relations) en la siguiente URL: <https://www.cfr.org/event/future-artificial-intelligence-robots-and-beyond-0>

<sup>16</sup> La asociación busca encontrar relaciones entre diferentes variables con un análisis causa-efecto para así poder realizar predicciones. Así, si los datos sugieren que los varones entre treinta y cincuenta años compran el periódico tras echar gasolina, automáticamente se puede generar un proceso de venta cruzada ofreciendo el producto predicho, lo que puede provocar impulso de compra. La minería de datos (*data mining*) utiliza procesos estadísticos para identificar patrones en grandes cantidades de datos y realizar predicciones. Por ejemplo, hay motores que analizan fotografías con la cantidad de coches en los *parkings* de los hipermercados para así predecir las ventas que van a reportar en el futuro en bolsa. La agrupación (*clustering*) divide grandes grupos de personas en colectivos menores, para encontrar pautas de comportamiento. El análisis de texto extrae información masiva de correos electrónicos, webs y contenidos escritos para anticipar comportamientos. Los servicios de inteligencia utilizan este análisis para predecir tempranamente alertas terroristas a partir del tratamiento masivo de datos.

<sup>17</sup> Para dar una idea de su importancia, la Comisión Europea quiere crear un mercado común de *big data* con información de todos los europeos. Propone un conjunto de reglas

## La disrupción tecnológica ya está aquí. Cómo afecta a las...

Entre las principales aplicaciones destacan el procesamiento natural del lenguaje, la visión por ordenador y el aprendizaje automático.

**Procesamiento natural de lenguaje:** reconocimiento de voz para, entre otros, poder dar instrucciones o realizar traducciones (los asistentes Siri o Alexa son exponentes sencillos), así como reconocimiento de lenguaje escrito. El procesamiento suele abordar ámbitos muy específicos, tales como analizar la opinión reflejada de los clientes sobre un producto o servicio en particular, gestionar centros de atención telefónica mediante robots, automatizar la búsqueda de información en litigios civiles o investigaciones gubernamentales, realizar traducciones y automatizar la redacción de informes sobre temas como resultados corporativos o deportes.

**Visión por ordenador:** presenta diversas aplicaciones, incluyendo el análisis de imágenes médicas para mejorar el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades (por ejemplo, Microsoft HoloLens permitiría, mediante unas gafas de realidad virtual, observar un cuerpo y disociar su esqueleto o su masa muscular en otros dos cuerpos virtuales adicionales), el reconocimiento facial para identificar automáticamente a las personas en las fotografías (como hace el nuevo iPhone X<sup>18</sup>) o para estimar una esperanza de vida, la detección de sospechosos en seguridad y vigilancia, y el fotografiado de productos por parte de los consumidores para efectuar sus compras. Mención especial merecen los dispositivos de realidad aumentada<sup>19</sup>: General Electric utiliza gafas inteligentes de realidad aumentada que superponen vídeos, gráficos y textos sobre el espacio para guiar a sus técnicos en la supervisión de los cuadros de mandos de sus turbinas eólicas, mejorando su rendimiento en un 34 %<sup>20</sup>.

**Aprendizaje automático:** las aplicaciones son muy amplias y mejoran potencialmente el rendimiento en casi cualquier actividad que genere grandes cantidades de datos, que se utilizan como materia prima clave de modelos predictivos, permitiendo analizarlos de una manera más rápida, controlada y exhaustiva. Si bien se está realizando un esfuerzo significativo en servicios financieros en torno al control del fraude y el blanqueo de capitales, el conocimiento del cliente y la gestión de inversiones, también hay un uso creciente en muchos otros sectores de aplicaciones vinculadas, entre otros conceptos, a la proyección de ventas, la gestión de inventarios, la exploración en petróleo

---

para almacenar y tratar los datos no personales dentro de la UE, con el fin de aumentar la productividad estructural de sus empresas y su economía.

<sup>18</sup> Es capaz incluso de detectar a una misma persona aunque envejezca. Presentación del iPhone X [https://www.youtube.com/watch?v=\\_17TxzdjGiw](https://www.youtube.com/watch?v=_17TxzdjGiw)

<sup>19</sup> La realidad aumentada consiste en sobreponer objetos o animaciones generadas por computadora sobre la imagen real que recoge una cámara web (instalada en cualquier dispositivo, como un teléfono inteligente o unas gafas). [https://www.youtube.com/watch?v=\\_Kb2L\\_TrP-Q](https://www.youtube.com/watch?v=_Kb2L_TrP-Q)

<sup>20</sup> Vídeo: «Augmented Reality is Already Improving Worker Performance». <https://hbr.org/2017/03/augmented-reality-is-already-improving-worker-performance>

y gas, y la salud pública facilitando, por ejemplo, el descubrimiento más acelerado de nuevas y mejores medicinas<sup>21</sup>.

### Aplicaciones militares

La unidad de investigación del ejército americano de aprendizaje automático, Lifelong Learning Machines, perteneciente al centro de investigaciones DARPA, está aplicando la inteligencia artificial en diversos ámbitos, con el objetivo final de que sus sistemas sean capaces de aprender y sacar conclusiones por sí solos dentro del alcance de la información previamente programada en sus sistemas.

El ejército de los Estados Unidos, a través del Proyecto Maven<sup>22</sup>, está aplicando la inteligencia artificial “estrecha” para controlar drones y aviones sin necesidad de interacción humana. Utilizando la visión por ordenador se interpretan imágenes a gran velocidad a partir de fuentes de vigilancia de drones y se analiza la información de forma más precisa y rápida para tratar de buscar pistas ocultas y reducir potencialmente los costes y los riesgos para los soldados. En tierra, tanto el ejército americano como el francés han comenzado ya el uso frecuente de PackBot, un pequeño robot de asistencia militar, creado por los desarrolladores de Rumba, iRobot. PackBot es capaz de desplazarse al frente para explorar, recoger objetos o desactivar bombas caseras, y así asumir los riesgos que, de otra manera, correrían las tropas, aumentando por tanto su seguridad y salvando vidas. En Afganistán e Irak, por ejemplo, se emplearon más de 2.000. Por otro lado, los robots semiautónomos han sido desarrollados además como armamento: el Multi-Utility Tactical Transport, o MUTT<sup>23</sup>, es ejemplo de ello. Utilizado también por el ejército de los Estados Unidos, el MUTT se mueve por tracción de oruga todoterreno y va equipado con una ametralladora de calibre 50, empleando varios sensores y cámaras de alta precisión para poder ser controlado a larga distancia. Es capaz además de detectar objetivos en movimiento. Esta

---

<sup>21</sup> Un ejemplo de aprendizaje automático sería, en el proceso de apertura de una cuenta bancaria por parte de los bancos, la simplificación y aceleración del conocimiento del cliente. Se produciría mediante la automatización de la recogida, enriquecimiento, validación y transmisión de datos (identidad del cliente, ingresos y empleos históricos) desde el departamento comercial al administrativo. Un programa sofisticado lo gestionaría continuamente, implementando mejoras en el proceso según fuera aprendiendo autónomamente. Así se generarían enormes beneficios para el banco, tanto en ahorros en procesos, como en potencial mejora de la venta cruzada (y los ingresos) por un desarrollo continuo del conocimiento del cliente.

<sup>22</sup> CONGER, Kate; CAMERON, Dell. «Google Is Helping the Pentagon Build AI for Drones». 3 de Junio de 2018. <https://gizmodo.com/google-is-helping-the-pentagon-build-ai-for-drones-1823464533>

<sup>23</sup> HOUSER, Kristin. «The Marines Latest Weapons is a Remote Controlled Robot with a Machine Gun». 4 de Mayo de 2017. <https://futurism.com/the-marines-latest-weapon-is-a-remote-controlled-robot-with-a-machine-gun/>

nueva generación de soldados que no se agotan y no requieren suministros, cambiará drásticamente la dinámica de la guerra.

A través de nuevos algoritmos informáticos, los vehículos aéreos no tripulados denominados Loyal Wingman<sup>24</sup> de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, permiten a los pilotos de combate controlar los drones armados desde sus propias cabinas.

El ejército israelí está aplicando las últimas novedades de la inteligencia artificial a su sistema antimisiles "Cúpula de Hierro", elemento de protección contra los misiles lanzados desde la Franja de Gaza, dotándole de mayor capacidad tanto para identificar ataques, como para reaccionar ante ellos.

Paul Scharre, veterano de Afganistán en el ejército de los Estados Unidos, expone en su reciente libro, *Army of None*<sup>25</sup>, el camino que estos ejércitos están tomando hacia la introducción de la inteligencia artificial en su armamento y sus tácticas. Plantea además algunas de las cuestiones éticas y filosóficas que asegura que surgirán a medida que se roboticen los soldados y se automaticen los vehículos militares. A pesar de presentar alguna contradicción y de ofrecer pocas soluciones ante dichas encrucijadas morales, *Army of None* ofrece una perspectiva de los avances que ya están teniendo lugar en los ejércitos modernos y que son objeto de debate tanto en gobiernos como en empresas tecnológicas.

### Principales consideraciones sobre la inteligencia artificial

La adopción masiva de la inteligencia artificial y la robótica está por producirse en la economía, a medida que los sectores más tradicionales comienzan a adoptarla para automatizar todo tipo de tareas, tanto aplicables a trabajos de oficina como de fábrica. Según algunas estimaciones, en pocos años un tercio de la economía de los Estados Unidos podría estar automatizada mediante la inteligencia artificial<sup>26</sup>, lo que supondrá una enorme disrupción en muchos sectores, como analizamos en el capítulo correspondiente. Tan relevante es la revolución robótica que, por ejemplo, China ha suprimido los aranceles a la importación de robots.

Turing, el padre del ordenador, predijo en 1950 con el denominado Test de Turing: «Existirá inteligencia artificial cuando no seamos capaces de distinguir entre un ser humano y un programa de ordenador en una conversación a ciegas». Hemos llegado ya a este punto. Se calcula que hacia 2050 un or-

<sup>24</sup> Recientemente, la Fuerza Aérea de los Estados Unidos ha probado con éxito varios F-16 autónomos capaces de volar solos, atacar objetivos, improvisar sobre la marcha y proteger a los pilotos humanos de los cazas más modernos.

<sup>25</sup> SCHARR, Paul. «Army of None: Autonomous Weapons and the Future of War». 24 de abril de 2018. W.W. NORTON.

<sup>26</sup> McKinsey (2017). «A Future that Works Automation, Employment and Productivity».

denador podrá tener más capacidad de procesamiento que todas las mentes humanas al mismo tiempo. La clave a futuro es determinar hasta qué punto ciertas decisiones han de tener o no como *input* emociones humanas, lo que podría expandir mucho el abanico de la inteligencia artificial, abriendo también interrogantes morales, como bien expone la exitosa serie de televisión *Westworld*.

Por último, y siguiendo el argumento de la popular serie, el consejero delegado de Tesla, Elon Musk, ha afirmado que, de no regularse adecuadamente, los robots basados en inteligencia artificial podrían rebelarse un día contra los seres humanos y eliminarlos: «La inteligencia artificial es un riesgo fundamental para la existencia de la civilización humana», según transmitió a una serie de gobernadores de los Estados Unidos, animándoles a que la regulen. Estas ideas han sido apoyadas por Bill Gates y Stephen Hawking. Otros líderes de opinión, como el fundador de Facebook, Mark Zuckerberg, son menos alarmistas y defienden que preocuparse por este tema hoy en día es como preocuparse por la sobrepoblación en Marte. Eso sí, según Musk, el conocimiento de Zuckerberg sobre la materia es «limitado».

El debate está servido.

### *Internet de las cosas*

Los Estados Unidos poseen una importante vía férrea de alta velocidad que conecta Boston con Nueva York y Washington, por lo que es muy utilizada por el poder político y económico. La explota la empresa Amtrak y, en ocasiones, se generan incidencias y retrasos, con sus consecuentes quejas, debidos generalmente a sobrecalentamientos de los cables de tensión que alimentan al tren. La empresa de ingeniería alemana Siemens aplicó en 2015 una tecnología llamada “internet industrial de las cosas” que, mediante 900 sensores en cada vagón, permitía identificar de forma proactiva futuros problemas en las catenarias y resolverlos antes de que acaecieran. Los retrasos se redujeron un 33 % tras su implementación.

El internet de las cosas es un concepto introducido en 1999 por Kevin Ashton del MIT, y se refiere al mecanismo por el que sensores y transmisores están conectados por redes a sistemas informáticos y se comunican entre sí, algo que ha sido posible gracias al abaratamiento de los sensores y del acceso a internet. Estos sistemas permiten monitorizar y gestionar el estado y las acciones de objetos —o incluso seres vivos— que también estén conectados y aprender de dicha interconexión. Un ejemplo sencillo sería la domótica<sup>27</sup>. Una casa conectada inteligentemente podría aprender pautas de comporta-

---

<sup>27</sup> Se define domótica como sistemas integrados capaces de automatizar una vivienda o edificación aportando servicios de seguridad, gestión energética, comunicación o bienestar.



miento para calentar o enfriar las habitaciones en función de su uso habitual y mejorar así la eficiencia energética.

Esta tecnología, unida a la de *blockchain*, que analizamos más adelante, puede provocar disrupciones importantes. Por ejemplo, *blockchain* permite gestionar contratos inteligentes (*smart contracts*) que se redactan, acuerdan y resuelven automáticamente entre máquinas. Una máquina de aire acondicionado podría estar en contacto con diferentes proveedores de electricidad e ir cambiando al más barato en función del uso que la máquina detecta y de las ofertas en mercado.

Una variante es el *Internet of me*, que supone que los dispositivos que tengo conectados y que acumulan información y datos sobre mi persona (datos que nadie más puede usar sin mi consentimiento) dialogan entre sí para hacerme la vida más fácil. Las implicaciones son profundas; por ejemplo, ante un accidente, el escaneo de un código de barras personal permitiría a un hospital acceder a todo mi historial, lo que simplificaría mucho el proceso médico y abarataría su coste.

La principal “cosa” es obviamente el teléfono inteligente que, como hemos visto, utiliza ya casi la mitad de los habitantes de la tierra a medida que su coste lo ha hecho asequible a enormes capas de población<sup>28</sup>. Son varios los factores que han facilitado el desarrollo e explosión del internet de las cosas: el menor precio de los sensores (en especial los teléfonos inteligentes), la navegación (wifi) y la conectividad, y la mayor capacidad de analizar datos.

El principal reto que tiene esta tecnología por delante es la ciberseguridad<sup>29</sup>, ya que todas estas “cosas” conectadas entre sí son muy vulnerables a ataques a través de la red. Queda mucho camino por recorrer en materia de seguridad, tanto técnica como regulatoria, lo que generará mayor demanda de este tipo de expertos.

El internet de las cosas tendrá un gran impacto en los hogares y oficinas con la introducción de termostatos, climatización e iluminación inteligentes. Supondrá un incremento de la productividad mediante la optimización de tareas en las oficinas. En cuanto al transporte supondrá una mejora notable en la seguridad, en la información de navegación y rutas, así como en el diagnóstico preventivo de errores del vehículo. Utilizar internet de las cosas en comercios contribuirá a optimizar los inventarios, al igual que la

---

<sup>28</sup> El actual sistema de protocolo de internet, el IPv4, permite unas 4.300 millones de direcciones. El nuevo, IPv6, permitirá casi un número infinito, facilitando por lo tanto la implementación del internet de las cosas, ya que se calcula que para 2020 habrá más de 20.000 millones de “cosas” conectadas.

<sup>29</sup> Un ejemplo del riesgo de seguridad asociado a la conectividad sería el ataque informático que sufrió la compañía Target en 2014 y que afectó a millones de tarjetas de crédito y débito de sus clientes. El acceso a las tarjetas se logró, a su vez, tras el pirateo previo de las credenciales de los afectados, que permitió el acceso a sus redes, efectuado en este caso sobre un proveedor de servicios de Target (calefacción y aire acondicionado).

venta cruzada y los productos promocionados en función de perfiles. Con respecto a las *apps* de teléfonos móviles personales podrá ser utilizado en relojes inteligentes que generen información sobre ritmos cardiacos, detección de enfermedades o valoración de la calidad del sueño, entre otras. El impacto en el sector industrial supondrá, por ejemplo, la automatización de fábricas, el aumento de la eficiencia de sistemas de la cadena de suministro, análisis en tiempo real de procesos de producción, la mejora de productividad de la mano de obra asociada, eficiencia energética, la optimización en el mantenimiento de equipos y en la gestión de inventarios.

Dicha tecnología tendrá gran impacto en la salud y la esperanza de vida ya que los dispositivos conectados pueden “aprender” de nuestros comportamientos y pautas vitales, detectando anomalías en una fase temprana, lo que podría provocar importantes ahorros sanitarios. Por ejemplo, se están desarrollando prendas con sensores capaces de detectar los primeros síntomas de un infarto de miocardio, que incluso aplican presión en el pecho para reducir el impacto.

Otro gran impacto que se observará es en la optimización de las ciudades que pasarán a denominarse ciudades inteligentes (*smart cities*). El impacto se dará en tres grandes ámbitos: el transporte (gracias a los sistemas de gestión del tráfico mediante el uso de sensores para detectar congestiones), la salud y la seguridad públicas (menor contaminación gracias a la información aportada por sensores sobre la localización y la intensidad de niveles tóxicos), y la gestión de recursos (por las menores pérdidas de electricidad en su distribución, sensores para detectar goteras, etc.).

### Aplicaciones militares

El internet de las cosas está teniendo gran impacto en la industria. Mediante la conectividad constante de sus sensores, permite monitorizar en tiempo real infinidad de datos, tanto de procesos logísticos como de seguimiento de ubicaciones, salud y estado de los soldados y de los sistemas no tripulados. La inteligencia artificial y la ingente cantidad de datos obtenida de las “cosas” conectadas a internet mejoran la toma de decisiones, que se basa en una mayor cantidad y precisión de los datos, pero también entraña riesgos: la denominada guerra en la nube o ataques a la información.

#### Principales consideraciones del internet de las cosas

Se han realizado predicciones sobre el potencial impacto económico que podría tener el internet de las cosas en 2025 y se señala un rango amplio, pero muy significativo en cualquier caso: entre 3,9 y 11,1 billones de dólares<sup>30</sup> anuales a nivel global. Este impacto económico se mide en función de los potenciales beneficios económicos que se pueden producir, como mejora de

<sup>30</sup> McKinsey. «The iInternet of Things: Mapping the value beyond the hype».2015.

## La disrupción tecnológica ya está aquí. Cómo afecta a las...

productividad, ahorros de tiempo y mejor aprovechamiento de activos (extensión de su vida, reducción de inventarios), además de un valor económico asociado al descenso de enfermedades, accidentes y muertes.

Cuanto más dispositivos estén conectados, más tareas se podrán optimizar. Será más difícil perder objetos o que caduquen alimentos o medicinas. El riesgo más ostensible estriba en la seguridad, ya que la conexión masiva de elementos puede hacerlos muy vulnerables a posibles ataques mediante virus, como el que sufrieron algunas empresas en octubre de 2016. Por otro lado, la adaptación a esta tecnología dependerá de que los costes de acceso sigan bajando y de que se estandaricen los protocolos de conexión para que sean compatibles los diferentes dispositivos, retos todavía muy significativos.

### *Vehículos autónomos*

En 2015, la compañía minera Río Tinto anunció que iniciaba un programa para sustituir los camiones que había utilizado hasta entonces por vehículos sin conductor en dos de sus explotaciones mineras en Australia. La compañía consideraba que la flota autónoma superaba en rendimiento a la flota humana en un 12 %.

La tecnología detrás de los vehículos autónomos está constituida por una combinación de sensores de cámaras en los coches (algo que ya se ha producido, dotándoles de “ojos” con los que poder detectar a otros coches, semáforos o peatones) y la tecnología LIDAR<sup>31</sup>. (que permite a un vehículo emitir rayos y recibirlos para tomar conciencia).

Es necesario destacar que existen diferentes tipos de coches autónomos en función del grado de involucración de la persona transportada. Desde los vehículos equipados con dispositivos de asistencia a la conducción (ya disponible en muchos en la actualidad) o los que requieren de cierto nivel de alerta por parte del conductor, hasta los que son totalmente autónomos. Como hemos visto, aún estamos lejos de que los robots adquieran el “sentido común” necesario para que un coche sea totalmente autónomo.

La mayoría de los estudios coinciden en que la principal aplicación del vehículo autónomo, a corto plazo, será el transporte de mercancías, área en la que los ahorros de costes pueden ser ingentes. Sin embargo, esto conlleva grandes problemas laborales. Solo en los Estados Unidos se calcula que hay unos tres millones de camioneros que, además, cuentan con los sueldos más elevados entre los empleos sin titulación universitaria y generan mucho empleo indirecto.

---

<sup>31</sup> World Government Summit. «WGS Technology Radar». 2018. [https://techradar.world-governmentsummit.org/?o=0&c=tech\\_FQ6sMAfhmqw45upDX](https://techradar.world-governmentsummit.org/?o=0&c=tech_FQ6sMAfhmqw45upDX)

En el ámbito del coche autónomo como bien de ocio en la actualidad, se observa una enorme batalla entre Apple, Uber, Google (a través de su filial Waymo), General Motors-Lyft, Ford, Tesla y Daimler, por liderar el mercado del vehículo autónomo. Previsiblemente, no todos lo lograrán, y quizás se produzca el fenómeno de que el ganador se lo lleve todo. Por lo tanto, la primera empresa que consiga popularizar el coche autónomo podría provocar que las valoraciones del resto disminuyan de forma notable.

### Aplicaciones militares

Según cifras del Pentágono, en 2013 en la guerra de Afganistán el 60 % de las bajas tuvieron relación con el reabastecimiento de convoyes<sup>32</sup>. Por lo tanto, la reducción de la carga de combustibles y suministros es un objetivo primordial para los ejércitos, que demandan sistemas capaces de funcionar con energías renovables y con autonomía propia<sup>33</sup>, principalmente camiones, aumentando así la capacidad de carga por viaje y reduciendo el riesgo de pérdidas humanas. El ejército americano se propuso hace diez años que un tercio de los vehículos debían estar robotizados en la actualidad. La realidad es que, tras diez años de investigación, tan solo han conseguido probar estos vehículos en sus bases militares. El retraso se ha visto perjudicado por el elevado coste unitario de producción de estos vehículos, ya que estimaron un precio de 30.000 dólares cuando actualmente se sitúa en 200.000 dólares.

### Principales consideraciones del coche autónomo

La adopción de vehículos autónomos supondría numerosos beneficios, entre los que destacamos la reducción de la siniestralidad en un 90 %, que no solo contribuiría a abaratar las primas de seguros y los costes sanitarios, sino que mejoraría la productividad asociada a los desplazamientos al trabajo. Igualmente, se reduciría el volumen de compraventas de coches, con los consecuentes ahorros de costes; un coche se usa, de media, un 3-5 % de su vida útil, ya que la mayoría del tiempo permanece aparcado, en cambio los vehículos en economía colaborativa, tipo Uber, se utilizan cerca de un 60 %. La adopción de este nuevo avance tecnológico incrementaría la eficiencia en los desplazamientos inteligentes de vehículos por el descenso del tráfico o la mejora de los estacionamientos. También ganarían amplitud las ciudades, al no ser necesarias tantas plazas de aparcamiento, y movilidad las personas que actualmente no pueden conducir, como los ancianos o las personas de movilidad reducida. Por último, reduciría el consumo energético.

<sup>32</sup> EVANS, Gareth: «Driverless Vehicles in the Military – Will the Potential be Realized?» *Army Technology*. 12 de febrero de 2018. <https://www.army-technology.com/features/driverless-vehicles-military/>

<sup>33</sup> Vídeo de coche autónomo «GUSS autonomous car» del ejército americano. <https://www.youtube.com/watch?v=sFkj36JJ8mk>

## La disrupción tecnológica ya está aquí. Cómo afecta a las...

En líneas generales, las ventajas se han llegado a cuantificar en aproximadamente un 10 % del PIB (la mitad por mejoras de productividad y la otra mitad por reducción de los costes sanitarios). Debemos tener en cuenta, sin embargo, que estos avances también tendrían ciertas desventajas, como por ejemplo la disrupción laboral (taxis, camiones, peritos de seguros, hospitales, talleres, etc.), aunque se compensarían en parte con la aparición de nuevos puestos de trabajo asociados al tratamiento de los datos de los vehículos autónomos y su mantenimiento en talleres, que deberán realizarse en el menor tiempo posible. La economía colaborativa aumentará sensiblemente el uso medio por coche utilizado. Otra desventaja que podría aparecer durante el periodo de transición —cuando coincidan vehículos autónomos y no autónomos— es la viabilidad de la seguridad de la comunicación entre el humano y el vehículo autónomo. Además, aumentarían los costes asociados a la conectividad, como los de las cámaras o sistemas de GPS. La recaudación por parte de los ayuntamientos se reduciría debido a la posible desaparición de los *parkings* en superficie y subterráneos. Por último, la generalización del uso de vehículos autónomos crearía una gran incertidumbre jurídica, ya que se desconoce quién sería el responsable en caso de accidente.

Cabe destacar la necesidad de un marco regulatorio adecuado, ya que la adopción avanza rápidamente debido a la confluencia de una serie de factores clave, como son el avance de los coches eléctricos, la capacidad y abaratamiento de los sensores, la mejora de la confianza en la conducción autónoma y el aumento de las preferencias por el servicio de movilidad diversa frente a la propiedad del vehículo.

No es previsible que la disrupción se acelere antes de 2025. El ritmo de implantación de los diferentes tipos de coches autónomos divergirá en el tiempo; en el corto plazo, solo es concebible la irrupción de coches autónomos en entornos muy seguros y de baja velocidad, como puede ser un campo de golf. Un escenario de disrupción elevada implicaría que, en el año 2030, solo el 15 % de los nuevos vehículos serían completamente autónomos.

### **Blockchain**

*Blockchain* no es más que un registro de transacciones descentralizado. Es una tecnología que surgió a raíz de la invención del *bitcoin* por parte de una persona anónima, que se autodenominó Satoshi Nakamoto. Simplificando mucho la definición, se trata de una tecnología que permite gestionar un registro descentralizado de transacciones de todo tipo, es decir, llevar un libro mayor a través de internet, encriptado y que genera confianza entre las partes, ya que se puede verificar cualquier información. *Blockchain* registra todas las transacciones en bases de datos distribuidas entre sus participantes (de ahí que la información se pueda verificar fácilmente), prescindiendo de una base centralizada, por lo que no está gestionado ni custodiado por ninguna entidad pública (gobierno), ni privada (banco). Es posible certificar

en cada momento quién es el dueño de qué, alimentando el proceso con el consentimiento de todas las partes en cada una de las transacciones e imposibilitando que nadie pueda modificar la información sin el conocimiento o aprobación de los demás. La seguridad se garantiza mediante un sistema criptográfico avanzado, matemáticas sofisticadas y una elevadísima potencia computacional, lo que lo dota de una gran seguridad, transparencia y trazabilidad. Estas características supondrán la eliminación de intermediarios en los procesos, destacando la posibilidad de formalizar contratos inteligentes. Estos contratos contribuirán a agilizar los procesos, ya que se generan y autoejecutan a través de un programa (algoritmo) que no requiere la participación de los intervinientes: las cláusulas se autoejecutan cuando se producen acciones o eventos contemplados en el contrato.

*Blockchain* está redefiniendo la forma en la que se llevan a cabo todo tipo de transacciones. Se ha afirmado que puede ser la tecnología más disruptiva desde la aparición de internet, ya que podría permitir la ejecución de forma segura de operaciones de compraventa y la movilización inmediata de pagos, así como la trazabilidad de la información, como puede ser la identidad de las personas, los títulos educativos o la verificación de propietarios de una casa. Por otro lado, carece aún de un marco legal y no se sabe si el día de mañana podrá presentar amenazas de seguridad.

Algunos ejemplos de aplicaciones serían la compraventa de activos financieros y divisas, la optimización del uso de servidores o licencias de *software* en empresas, la autenticación de identidad, la ejecución de contratos inteligentes, los medios de pago, el registro de la propiedad inmobiliaria o los registros de historiales médicos.

Los impactos en el sector financiero son relevantes, como la reducción significativa de costes de las transacciones (por menor número de intermediarios y mayor transparencia y seguridad, de lo que se beneficiarían especialmente sectores como el financiero, el inmobiliario o el energético), la reducción de costes del sistema financiero (en ámbitos como *back office*, gestión de fondos o evaluación de riesgos en créditos) o la mejora de la eficiencia de empresas en la gestión de la cadena de suministros (optimización de procesos).

### Aplicaciones militares

En el primer trimestre del año, Trump firmó la autorización para los presupuestos de investigación en defensa estratégica por valor de 700.000 millones de dólares<sup>34</sup>. Una partida importante de estos presupuestos irá destinada a la investigación de potenciales aplicaciones cibernéticas de *blockchain*,

---

<sup>34</sup> HIGGINS, Stan. «Trump Signs Defense Bill Authorizing Blockchain Study». *Coindesk*. 12 de diciembre de 2017. <https://www.coindesk.com/trump-signs-defense-bill-authorizing-blockchain-study/>

tanto ofensivas como defensivas, y de sistemas descentralizados. El objetivo fundamental es el desarrollo de una plataforma de mensajería y transacciones que no pueda ser pirateada; al ser descentralizada y separar la creación del mensaje de su transmisión, *blockchain* ayudará a incrementar la seguridad de los protocolos y las bases de datos de redes militares. El sistema se utilizará para garantizar la comunicación entre las tropas en el terreno y su sede central, así como para el intercambio de información entre los servicios de inteligencia. *Blockchain* no solo potenciará la eficiencia en la comunicación, también contribuirá a mejorar el proceso logístico y la cadena de suministro.

Puesto que *blockchain* permite que las entradas de datos se agreguen a un solo libro de contabilidad distribuido, reduciendo significativamente el riesgo de error y mejorando la eficiencia de la recopilación y la fiabilidad de las fuentes, la toma de decisiones de las organizaciones de defensa se beneficiará de una mayor precisión y confianza en los datos y las informaciones que se manejan.

### *Impresión 3D y 4D*

La industria de la impresión 3D está todavía muy lejos de alcanzar su madurez, pero muestra indicios de que puede allanar el camino para una nueva revolución industrial. Utilizando técnicas de fabricación para crear objetos basados en modelos digitales, imprimiendo capas de material, estas impresoras han venido empleando el plástico como materia prima, pero ya se están desarrollando otros materiales, como el metal o el gel, que reducen los costes de producción. La principal disrupción consiste en que, con la impresión 3D, se pueden alterar las actuales líneas de la cadena de suministro, lo que podría reducir la dependencia de la subcontratación y de la mano de obra en países emergentes, y tener importantes consecuencias. Por ejemplo, hoy en día compramos una funda de iPhone fabricada en China, quizás a partir de plástico producido con petróleo árabe. En el futuro, podremos imprimir nuestra propia funda con un material de maíz cultivado en nuestro jardín. El impacto en las exportaciones de manufacturas chinas y de petróleo árabe será considerable.

Se está creando un nuevo nivel de desarrollo denominado impresión 4D, cuya cuarta dimensión es el tiempo, es decir, los objetos cambiarán de forma con autonomía y se autoensamblarán. Ya existen empresas de infraestructura con propuestas de tuberías programables y adaptables.

La impresión 3D tiene numerosas aplicaciones, especialmente para la producción manufacturera. Se podrán beneficiar especialmente los fabricantes de componentes de coches, barcos, naves y aviones, que verán cómo aumenta su eficiencia, disminuyendo los costes y acelerando los ciclos de su proceso productivo. La impresión 3D tendrá también aplicaciones en el

sector de la construcción, abaratando los costes laborales y de suministros y, por lo tanto, el precio final de las viviendas, lo que se traduciría en una mayor accesibilidad a nivel global. Su uso se puede generalizar también en la industria plástica o metalúrgica, además de en sectores de ingeniería mecánica e industrial, y en bienes de consumo. Los impactos positivos serán numerosos, como, por ejemplo, la reducción de inventarios derivada de la rapidez y la personalización de la producción. De la misma manera, podría contribuir al desarrollo sostenible, ya que reduce la contaminación al fomentar la reutilización de materiales. Con respecto a la industria farmacéutica y de productos médicos (prótesis o impresión de órganos), se podrán crear nuevas estrategias de producción, al disponer de objetos más fácilmente reparables y personalizados.

### Aplicaciones militares

Las aplicaciones de esta tecnología están resultando de gran utilidad a la industria militar, principalmente por dos factores clave. El primero sería la simplificación de la logística, ya que transportando una impresora y la materia prima es posible fabricar distintas piezas en función de las necesidades y de las circunstancias en el campo de batalla. Se está formando a especialistas que han logrado construir piezas a medida en situaciones especiales, con el objetivo de reducir la necesidad de llevar repuestos de material de combate. Esta tecnología ya se está usando con los mismos fines en las industrias aeronáutica y aeroespacial. Son muchos los ejércitos que están imprimiendo material armamentístico, desde munición hasta herramientas para la reparación de drones. Claro ejemplo de ello es el ejército israelí, que ya en 2013 imprimió cargadores para sus rifles, y el ejército inglés, con su impresión de máscaras antigás, reduciendo así tanto los costes de transporte como los de producción. Además, la NASA está experimentando exitosamente un proyecto de impresión de comida, lo que también presentaría importantes consecuencias logísticas. Esta tecnología reduce considerablemente la carga de suministros y permite precisar de mayores opciones materiales en diferentes situaciones.

### Impactos económicos y sociales de la disrupción tecnológica

Japón, que comienza a ver la luz al final del túnel tras años de deflación crónica, observó que, a la hora de estabilizar precios, la popularización de Amazon estaba provocando una guerra de descuentos que volvía a ensombrecer la evolución de los precios. Esto nos plantea un ejemplo sencillo de cómo la disrupción tecnológica está afectando a variables económicas muy relevantes para la política monetaria.

Son quizás tres los principales aspectos ligados a la disrupción tecnológica, la economía y la sociedad: la desaparición de trabajos y la creación de otros



nuevos, el crecimiento de la productividad y el impacto en la desigualdad y la educación. Analicemos cada uno de ellos.

### Desaparición de trabajos

Como hemos expuesto, Voltaire afirmaba que el trabajo nos salva de los tres males mayores: el aburrimiento, el vicio y la necesidad. Hemos mencionado cómo, hoy en día, existen tres millones de camioneros en los Estados Unidos, la principal profesión entre la población masculina. Si se populariza el camión autónomo, estos trabajos pueden desaparecer. Las implicaciones son muy profundas. Hemos mencionado anteriormente cómo la irrupción del dispensador de gasolina automático supuso la desaparición del puesto de trabajo tradicional de gasolinero, obligando a muchos de ellos a reconvertirse en dependientes de las estaciones de servicio. La clave, por lo tanto, es entender el reciclaje masivo de trabajos que

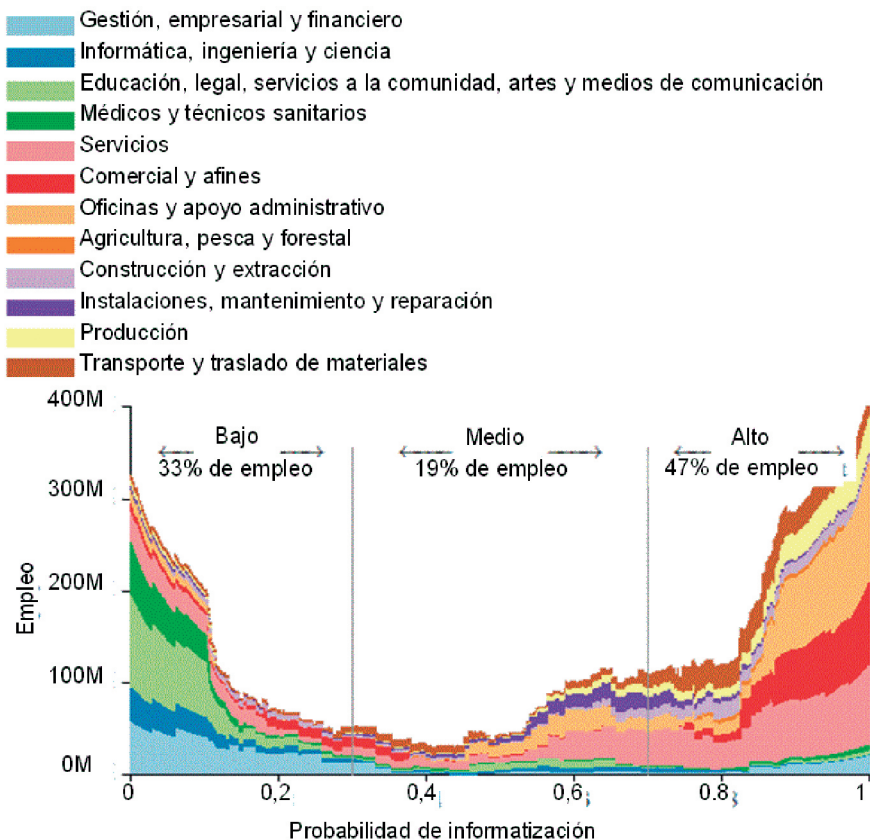


Figura 2a: Probabilidad de automatización de empleos por sectores. Fuente: Carl Benedikt Frey y Michael A. Osborne (2013). «The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?»

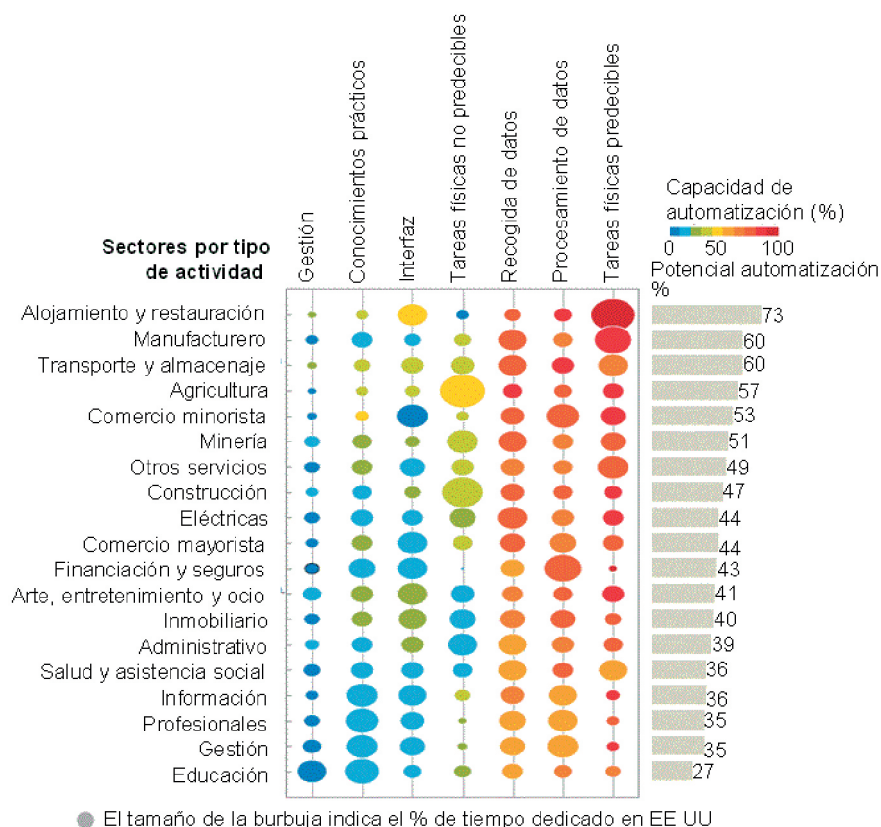


Figura 2b: Probabilidad de automatización de empleos por sectores. Fuente: McKinsey (2017). «A Future that Works: Automation, Employment and Productivity»

se producirá. En cualquier caso, no estamos ante un reto nuevo. En 1900, el 40 % de la población de los Estados Unidos trabajaba en la agricultura, frente al 2 % de la actualidad y, sin embargo, el paro a fecha de hoy (junio de 2018) se sitúa en mínimos históricos. Con todo, el sector tecnológico, que representa aproximadamente un 10 % del PIB, tan solo emplea un 5 % de los trabajadores.

Los trabajos más susceptibles de ser automatizados, que son aquellos en los que más de un 70 % de la jornada laboral se basa en tareas repetitivas y previsibles, correrán mayor peligro, y esto afecta tanto a puestos de oficina como a trabajos manuales, tal y como muestran las siguientes figuras. De hecho, el sector manufacturero de los Estados Unidos ha destruido unos 5,6 millones de puestos a principios de este siglo, en su mayor parte por las innovaciones tecnológicas, lo que facilitó los movimientos populistas.

El porcentaje del número de puestos en peligro es objeto de debate. Las hipótesis más agresivas, realizadas por profesores de Oxford, hablan de un

47 %<sup>35</sup>, y otras más conservadoras, como el reciente informe de la OCDE<sup>36</sup>, de un 14 %. Otra hipótesis es la que realiza el Banco de Desarrollo Asiático (ADB), que asegura que el 40 % de los puestos de trabajo rutinarios están en riesgo de ser automatizados; pese a ello defiende que no ha habido destrucción de trabajos en términos netos<sup>37</sup>. En cualquier caso, estamos hablando de decenas de millones de empleos, con un mayor riesgo, en general, para las personas con menor nivel educativo, ya que serán los empleos que tenderán a desaparecer en mayor proporción (las estimaciones más conservadoras hablan de una quinta parte de estos trabajos). Las consecuencias a nivel social serán enormes. Así, por ejemplo, el MIT estudió el impacto de la destrucción de empleo en pequeños talleres en el sudeste asiático a raíz de la irrupción de productos fabriles chinos, que supuso la desaparición de aproximadamente un 15 % del total de trabajos en otros países afectados. Las conclusiones fueron: mayores tasas de temporalidad, pobreza, suicidio y alcoholismo, algo que también se ha observado en ciertas zonas de los Estados Unidos en las que se ha destruido mucho trabajo industrial.

Por otro lado, como de media un 30 % de un trabajo normal contiene tareas automatizables, conviene hablar no solo de desaparición y creación de trabajos, sino de transformación. Haremos cosas distintas y más divertidas. Todo este proceso será gradual, y la clave consiste en adaptarse a dicha gradualidad.

La tecnología es parcialmente responsable del estancamiento de los salarios de la clase media, cuyo poder negociador como empleados disminuye conforme mejora la automatización que podría sustituirlos. Sin embargo, ha causado un mayor daño entre la población laboral menos cualificada que entre la más preparada, ya que las tareas de los primeros son más fácilmente reemplazables. En cualquier caso, la automatización ha mejorado indudablemente la calidad de vida, en términos generales: los índices de alfabetismo han subido, la esperanza de vida ha aumentado y los índices de criminalidad se han reducido. Como Matt Ridley detalla en su libro *The Rational Optimist*, en 1900 el estadounidense medio gastaba el 76 % de su renta en alimentación, ropa y vivienda (gasto básico), mientras que este porcentaje se ha reducido a menos de la mitad (el 37 %) en nuestros días. Adquirir un coche "Modelo T" en 1908 requería trabajar 4.700 horas, mientras que, a día de hoy, una persona puede comprarse un vehículo de mayores prestaciones trabajando un 70 % menos (1.400 horas).

Con todo, el imparable avance tecnológico se verá acompañado por la creación de nuevos puestos de trabajo directamente, en ámbitos como el

<sup>35</sup> FREY, Carl Benedikt; OSBORNE, Michael A. «The Future of Employment: How Susceptible are Jobs. to Computerisation?». Oxford University. 2013.

<sup>36</sup> OECD. «Transformative Technologies and Jobs of the Future». 2018.

<sup>37</sup> Banco Desarrollo Asiático. «How Technology Affects Jobs». Abril 2018.

desarrollo y la supervisión de la inteligencia artificial. De hecho, el CEA<sup>38</sup> ha identificado cuatro categorías de empleos que podrían experimentar un crecimiento directo impulsado por la inteligencia artificial en el futuro: las que impliquen la involucración de los seres humanos con las tecnologías existentes, las que desarrollen otras nuevas, las que las supervisen y las que faciliten cambios sociales que acompañen a las nuevas tecnologías de inteligencia artificial.

Los límites actuales en la destreza manual de los robots y las restricciones asociadas a inteligencia generativa y creatividad de la inteligencia artificial harán prosperar aquellos empleos que requieren destreza manual, creatividad, inteligencia e interacción social, y conocimiento general. Por dar un ejemplo sencillo, cuando aparecieron las hojas de cálculo se predijo que los contables iban a desaparecer. Sin embargo, simplemente cambió su función, pasaron de registrar asientos contables a analizar la información que proporcionaban las hojas de cálculo para, a partir de ahí, tomar decisiones. El trabajo se transformó y se hizo más interesante.

Además, durante siglos, la economía estadounidense se ha adaptado y ha evolucionado con la tecnología. Muchos trabajos que existían hace ciento cincuenta años han desaparecido y otros, que nadie podría haber imaginado entonces, han tomado su lugar. Como hemos visto, en la actualidad, gracias en gran parte al cambio tecnológico, la agricultura emplea menos del 2 % de los trabajadores estadounidenses, frente a cerca del 40 % en 1900, o por encima del 60 % en 1840. Y, sin embargo, la producción de alimentos en los Estados Unidos supera la demanda interna. En este caso, las innovaciones tecnológicas (desde las cosechadoras McCormick hasta los actuales tractores autónomos) aumentaron la productividad del sector agrícola y contribuyeron a mejorar el nivel de vida. El sector industrial acaparaba en 1950 el 25 % del empleo frente a menos del 10 % actual. En cualquier caso, hoy en día no basta con analizar las estadísticas de desempleo. Tenemos que fijarnos en la gente que ha dejado de buscar trabajo por desmoralización, en aquellos que trabajan en empleos no deseados, o en los que lo hacen a tiempo parcial, cuando querrían una jornada completa.

Las dos mayores incógnitas a analizar son: i) ¿Se crearán nuevos trabajos en una proporción igual a los trabajos destruidos?; y ii) ¿Será la velocidad de destrucción igual a la velocidad de creación? Nuestra impresión es que la respuesta a la primera pregunta será sí. Por dar un dato, hemos visto cómo el comercio electrónico está provocando el cierre de numerosas tiendas en los Estados Unidos. Sin embargo, en agregado, se han creado 400.000 nuevos puestos en el comercio electrónico y se han destruido 200.000 en las tiendas. Sobre la segunda pregunta, nuestra impresión es que la respuesta es no, por lo que se producirá una situación de desempleo tecnológico durante un tiempo, como ya avanzó Keynes. Así, siguiendo el ejemplo, el co-

---

<sup>38</sup> White House Council of Economic Advisers.

## La disrupción tecnológica ya está aquí. Cómo afecta a las...

mercado electrónico requiere un empleado para generar un millón de ventas, en tanto que el sector tradicional de distribución (tiendas y grandes almacenes) requieren entre cinco y diez empleados. Por lo tanto, lo peor puede estar por llegar. Mientras, se crearán miles de empleos en áreas como seguridad del internet de las cosas, programadores (la programación debería ser asignatura troncal en colegios), controladores de robots, etc. De ahí que la educación resulte fundamental.

Ante las incertidumbres asociadas al “desempleo tecnológico”, mucho se ha escrito últimamente respecto a una posible medida mitigante del riesgo para amplias capas poblacionales: la instauración de la denominada renta básica universal, es decir, el pago de una renta mínima garantizada a toda la población.

Las principales ventajas aducidas por sus defensores son:

- Evitar que una parte excesiva de la población pueda terminar viviendo transitoriamente por debajo del umbral de la pobreza, con el consiguiente riesgo social y auge de populismos.
- Combatir las desigualdades sociales que van surgiendo como consecuencia de las nuevas tecnologías: aprovechamiento del avance tecnológico de una gran parte de la población y mayor justicia social (de hecho, los ahorros potenciales de las administraciones públicas gracias a la tecnología, como los generados por el menor número de accidentes asociados al vehículo autónomo, podrían ser utilizados para financiar la renta básica u otros mecanismos de ayuda).
- Suponer que la mayor tranquilidad de la población por tener una renta asegurada puede incentivar la explosión de su creatividad y emprendimiento.
- Aumentar el poder negociador del empleado, lo que implicaría una subida de sueldos potencial y, a su vez, la dinamización del consumo y el crecimiento económico.
- Incrementar la simplicidad administrativa para las administraciones públicas.
- Reducir los niveles de endeudamiento de la población por contar con mayores flujos recurrentes, lo que podría dotar de menores riesgos financieros y mayor sostenibilidad a la economía.

Las desventajas más relevantes argumentadas por sus detractores son:

- A día de hoy, se están creando puestos de trabajo en las economías avanzadas, pero está por ver si se destruyen estructuralmente muchos más puestos de los que se crean.
- Los costes: no hay consenso claro respecto a cómo debería ser financiado; la OCDE realizó un estudio en marzo de 2017 argumentando que transformar el actual sistema de beneficios sociales directos en una renta básica universal no alcanzaría el umbral de pobreza; en los Estados Unidos, Martin Feldstein considera que la financiación de una renta

básica universal decente sería inviable, cree que habría que doblar el impuesto sobre la renta para garantizar unos 10.000 dólares anuales a cada habitante.

- Se desincentiva la búsqueda de empleo y el esfuerzo productivo.
- Posibilidad de que se produzca una fractura social provocada por una dualidad excesiva en cuanto a rentas y riqueza entre los adaptados al cambio tecnológico y los que no.
- Aceleración excesiva de la inflación, por cuanto la ganancia de poder negociador de los empleados podría ser superior a la óptima.
- Dificultad para encontrar personas dispuestas a realizar los trabajos menos agradables, por contar todo el mundo con una renta básica asegurada.
- Saldo de deuda excesivo para muchas personas, a día de hoy. Contar con una renta básica no sería suficiente para mucha gente para garantizar el servicio de la deuda. Esto podría provocar incrementos serios de morosidad y afectar negativamente a la solvencia bancaria.

### *Productividad*

Uno de los grandes dilemas que ocupan a los economistas estriba en por qué, a pesar de la revolución tecnológica, el crecimiento de la productividad está siendo muy decepcionante. Dicen que la productividad no lo es todo, pero que a largo plazo lo es casi todo. El motivo es que nos permite ganar más sueldo, trabajar menos horas, hacer a las empresas más rentables y no generar inflación. Por lo tanto, la productividad es el “santo grial” de una economía. Si hasta mediados de los setenta, su crecimiento era superior al 2 %, a partir de entonces se ha observado una fuerte ralentización a niveles inferiores al 1 %, exceptuando unos pocos años tras la popularización de internet. Hoy en día, apenas crece un 0,5 % anual en muchas economías occidentales.

Se ha planteado que quizás esta paradoja se explique porque las estadísticas no recogen bien la medición de la innovación tecnológica. También que, a medida que ha crecido el sector servicios, se vuelve más difícil ganar eficiencia frente al sector industrial (piénsese en una obra de teatro, por ejemplo) o que existe una polarización entre unas pocas firmas muy eficientes, y un número muy elevado de pequeñas empresas menos eficientes. En cualquier caso, parte del motivo puede radicar en que las innovaciones recientes no se han diseminado masivamente en empresas y sectores tradicionales, algo que estaría empezando a ocurrir ahora. Si es así, el crecimiento futuro nos podría sorprender.

Los cálculos, tanto de PIB como de productividad, están basados en el gasto efectuado (la demanda), no en la mejora de la calidad de vida generada o en el incremento de capacidad productiva. Por ejemplo, la economía colaborativa (Uber, Airbnb) aumenta la oferta (capacidad instalada) de servicios disponi-

bles para el consumidor, pero su uso no afecta a las estadísticas vinculadas al PIB o productividad. La automatización puede aportar en los próximos cincuenta años entre un 1 % y un 2 % de crecimiento anual de productividad a la economía (según el escenario sea de adopción temprana o tardía), lo que podría plantear implicaciones muy positivas para el crecimiento económico futuro. La clave, por lo tanto, no es la innovación, sino la adopción de las tecnologías, y hoy estas se adoptan cada vez más rápidamente.

### *Desigualdad y salarios*

La tesis más extendida es que la irrupción tecnológica favorece al capital frente al trabajo, por lo que las desigualdades aumentarán. Está por ver que se cumpla. La desigualdad de ingresos se mide por el coeficiente de Gini después de impuestos, que oscila entre 0 y 1, siendo 0 la igualdad absoluta y 1 la desigualdad absoluta. En periodos de crisis, sube el desempleo y la desigualdad tiende a aumentar y viceversa. Así, en España, el coeficiente de Gini ha subido de 0,3 a 0,34 entre 2007 y 2016. En cualquier caso, lo que ha provocado la crisis es que estos coeficientes recuperan los niveles previos a la expansión económica que se produjo antes de la crisis. Por lo tanto, no es cierto el que hoy en día vivamos en una época de desigualdad históricamente alta.

No obstante, el nivel de desigualdad de la economía también se puede medir analizando la relación entre el peso del beneficio empresarial y la remuneración salarial sobre el PIB. Y este indicador, sin embargo, sí muestra un descenso continuo de la remuneración del peso del factor trabajo desde el inicio del siglo XXI en los Estados Unidos (y por ello, un aumento de las desigualdades). Según la curva de Phillips<sup>39</sup>, este hecho no debería haberse producido en momentos en los que el paro se encontraba en niveles reducidos, ya que ello implicaría un mayor poder negociador de los empleados y presiones salariales (y así inflacionarias) consecuentes. Sin embargo, en el periodo anterior a la crisis, el paro se situó en niveles muy bajos y, aun así, el peso de la remuneración salarial sobre el PIB siguió cayendo. Además, llevamos bastante tiempo observando cómo el desempleo en los Estados Unidos se sitúa cerca de mínimos históricos y, sin embargo, la inflación (muy afectada normalmente por las alzas salariales) no termina de acelerar ni consolidar niveles objetivo de la Reserva Federal del 2 %. Estos fenómenos indican que podría estar rompiéndose la efectividad de la curva de Phillips, de tal modo que las tasas reducidas de paro ya no presionan al alza la inflación como antes. Y precisamente este efecto puede ser consecuencia de la tecnología, puesto que incrementa la oferta de factores productivos sustitutos de mano de obra, reduciendo así su poder de negociación.

---

<sup>39</sup> Curva de Phillips: teoría económica que relaciona la inflación con el desempleo, de tal modo que históricamente, a menor paro, mayor inflación (por presiones salariales asociadas al menor nivel de paro).



En cualquier caso, si la irrupción tecnológica supone incrementos de productividad, el crecimiento económico asociado a largo plazo se traducirá en reducciones generalizadas de desempleo y aumentos de salarios, lo que tenderá a mejorar los indicadores de Gini. Es cierto que muchos empleos desaparecerán, pero otros muchos aparecerán. No obstante, existen riesgos nada desdeñables de que esta transición tenga una duración superior a la deseada, con lo que durante unos años el ritmo de despidos será mayor al de la creación de nuevos trabajos. La clave de la sostenibilidad estriba, por lo tanto, en un buen sistema educativo a lo largo de la vida de una persona.

La historia nos enseña cómo la tecnología puede generar resultados diferentes a los esperados. Así, por ejemplo, el siglo XIX se caracterizó por un cambio tecnológico que elevó la productividad de los trabajadores menos cualificados, en relación a la de los trabajadores más cualificados. Los artesanos, que controlaban y ejecutaban los procesos de producción, vieron cómo el aumento de tecnologías de producción en masa amenazaba su medio de vida. En última instancia, muchos trabajos artesanos y especializados fueron reemplazados por la combinación de máquinas y mano de obra poco cualificada. La productividad (producción por hora laboral empleada) aumentó, mientras que la desigualdad disminuyó, elevando el nivel de vida medio. Pero el trabajo de algunos empleados altamente cualificados perdió valor en el mercado.

Con todo, es cierto que la disrupción en el mercado laboral se centrará entre la gente con menor nivel educativo e ingresos (Figuras 3 y 4), lo que podría empeorar los niveles de desigualdad, y por lo que se hacen necesarias políticas preventivas.

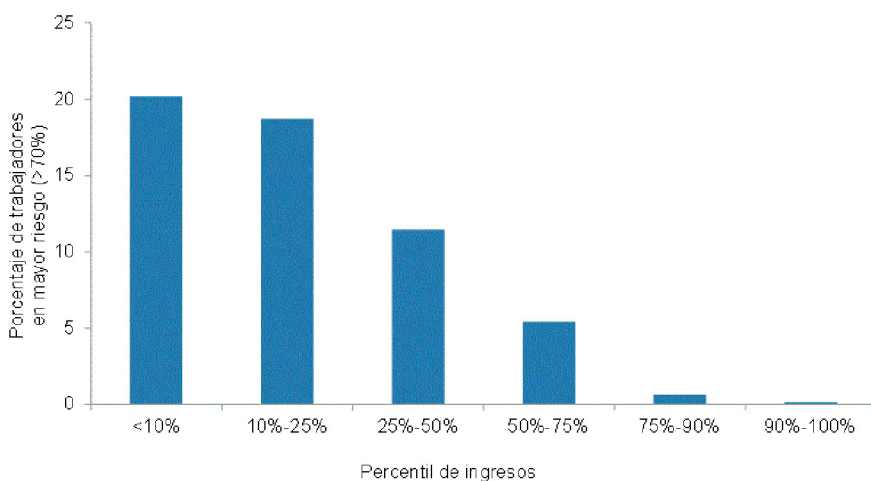


Figura 3: Probabilidad de trabajos en riesgo por nivel de ingresos. Fuente: OCDE (2016). «The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries»



## La disrupción tecnológica ya está aquí. Cómo afecta a las...

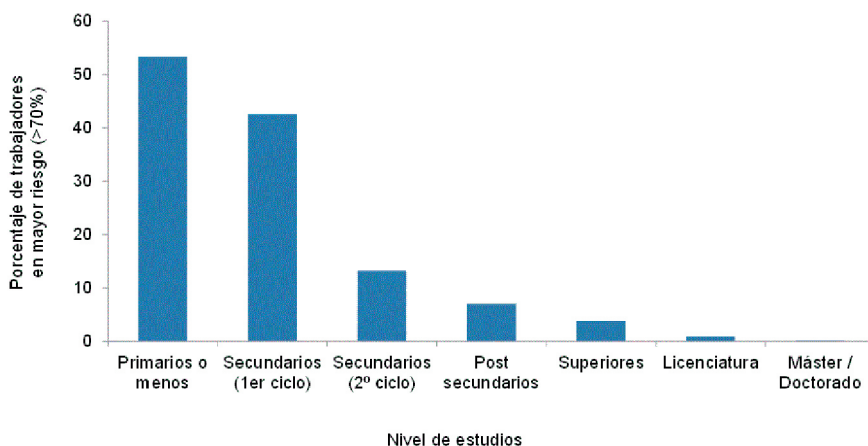


Figura 4: Probabilidad de trabajos en riesgo por nivel de estudios. Fuente: OCDE (2016). «The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries»

### Educación

El World Economic Forum (WEF) publicó un informe en enero de 2016 («The Future of Jobs»), asociado a la tipología de empleos que se van a demandar en los próximos años (Figura 5). Aunque la figura muestra que, aparentemente, en el quinquenio 2015-20 se van a destruir muchos más empleos de los que se van a crear, se debe a que, a día de hoy, todavía no se han hecho estimaciones de la evolución de los nuevos puestos que seguro surgirán con el avance tecnológico. El organismo realizó una encuesta a responsables de departamentos de recursos humanos para saber cómo imaginan que sería el mercado laboral en 2020. La opinión general es que el avance tecnológico



Figura 5: Variaciones de empleo por segmento, perspectivas 2015-20 (en miles). Fuente: World Economic Forum (2016). «The Future of Jobs»

va a afectar de manera disruptiva de tal modo que, en muchas industrias y países, las especialidades más demandadas actualmente no existían hace cinco o diez años, mientras que el 65 % de los niños que entran ahora en la enseñanza primaria, tendrán trabajos que hoy en día no existen.

Continuando con la línea argumental asociada al proceso de automatización de las gasolineras en los años sesenta en los Estados Unidos, una generación de empleados que surtían de gasolina a los coches fue arrasada, pero la automatización de dichos empleos demostró a mucha gente que confiar en este tipo de trabajo no es una buena idea desde el punto de vista de la sostenibilidad. La sociedad estadounidense se hizo eco de la situación y muchos padres se convencieron de la idoneidad de enviar a sus hijos a la universidad. Mientras en 1970, solo el 14 % de los hombres y el 8 % de las mujeres detentaban licenciaturas de cuatro años, en 2015 estos ratios habían subido al 32 % en ambos sexos. Por lo tanto, a lo largo del tiempo varios cientos de miles de personas que podrían pensar en trabajar como empleados de gasolineras, se decantaron por otro tipo de ocupaciones, que aportaron mayor valor a la sociedad (y a sus bolsillos).

### Implicaciones geopolíticas de la disrupción tecnológica

Un profundo análisis de la cuarta revolución industrial nos debería llevar a vislumbrar las muy intensas consecuencias geopolíticas que van a derivarse en estas épocas de cambios. Esta breve sección intenta realizar dicho análisis basándose únicamente en las consecuencias tecnológicas y, por lo tanto, habría de completarse con otras vertientes.

Primero: como hemos expuesto al principio, la disrupción tecnológica podría minorar e incluso abortar la intensa convergencia del PIB per cápita entre países emergentes y países desarrollados, observada desde aproximadamente 1990. Los países emergentes siguen basando su crecimiento, en gran parte, en dos ventajas competitivas: mano de obra barata y abundantes recursos energéticos. Pues bien, muchas de las innovaciones expuestas en este artículo están precisamente concebidas para depender mucho menos de ambas. Si los trabajos menos cualificados son los que presentan más riesgo de sustitución por robots, entonces los países más amenazados son precisamente los emergentes, asegura McKinsey en su reconocido informe «A Future that Works: Automation, Employment and Productivity», que analiza en un mapa los países más amenazados (Figura 6)<sup>40</sup>. La amenaza no solo reside en la robótica, sino también en la impresión en tres dimensiones. Por ejemplo una conocida empresa de prendas deportivas inauguró dos fábricas de fabricación de calzado el año pasado. No están ni en Bangladesh ni en Perú... una se sitúa en los Estados Unidos y otra en Alemania. Ambas tienen las mismas características: no hay trabajadores, solo impresoras 3D. Por

<sup>40</sup> McKinsey. «A Future that Works: Automation, Employment and Productivity». 2017.

otro lado, las tecnologías descritas buscan mejorar la eficiencia energética. Como hemos expuesto, el internet de las cosas es un torpedo en la línea de flotación de la demanda de energía. La impresión en 3D también contribuye. Hoy en día un 5 % de las piezas de un avión se imprimen con polvo de tungsteno, un material mucho más ligero que los tradicionales. Tanto Airbus como Boeing quieren incrementar dicha proporción hasta el 50 %, lo que provocaría una demanda muy inferior de energía. Qué decir de la implantación de los vehículos autónomos, que también supondría una enorme amenaza a la demanda energética. Por lo tanto, países muy dependientes de la energía para crecer, como Rusia, Arabia Saudí, Irak o Irán, podrían sufrir mucho en el medio plazo, con las enormes consecuencias geopolíticas que esto supone en las rutas de transporte.

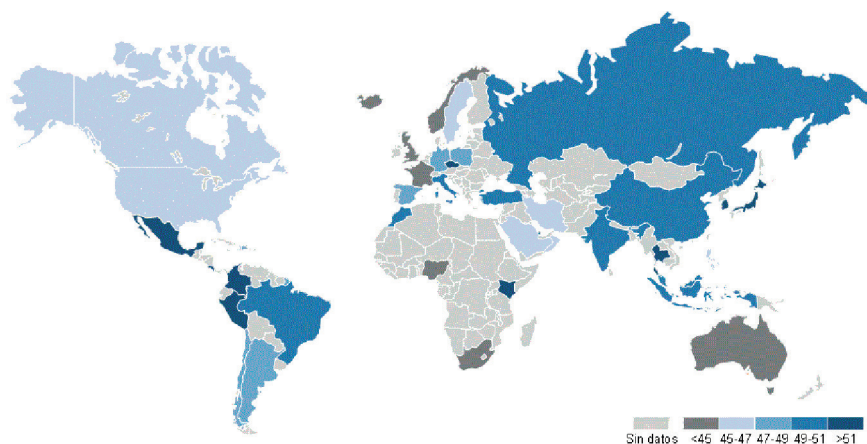


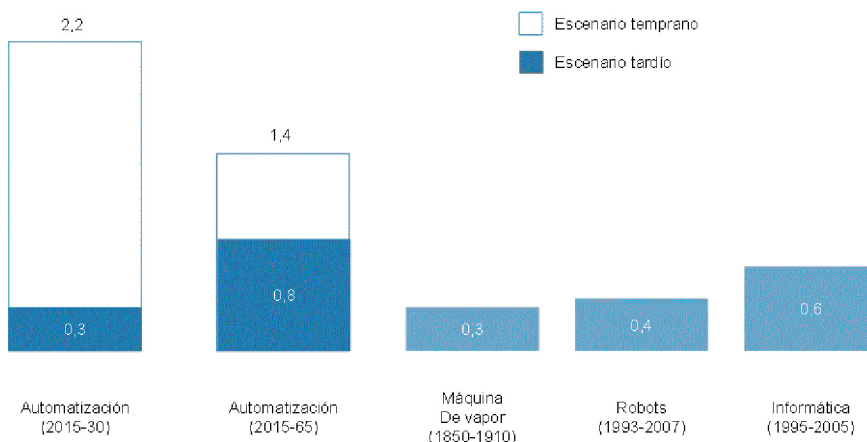
Figura 6: Proporción de empleos en riesgo por países. Nota: incluimos múltiples tecnologías en nuestro análisis de “automatización”, por lo que estas tecnologías no son del todo comparables, sino que se utilizan para comparar magnitudes.  
Fuente: McKinsey (2017). «A Future that Works: Automation, Employment and Productivity»

Segundo: si los efectos asimétricos de la crisis financiera han tenido como respuesta la aparición de movimientos populistas, una previsible situación de “desempleo tecnológico” podría cebarse de nuevo con las capas más desfavorecidas de la población. Ello podría intensificar el apoyo social a fórmulas “populistas”, de lo que cabe inferir posibles consecuencias políticas. En nuestra opinión, una política preventiva inteligente centrada en la eficiencia del sistema educativo, formación continua dinámica y mecanismos sociales bien diseñados podría paliar dicho fenómeno.

Tercero: muchas de las innovaciones tecnológicas aquí descritas tienen su origen en la combinación de investigación militar y civil. Es bien sabido que una buena parte de aplicaciones científicas tienen su origen en el DARPA, el mecanismo militar de los Estados Unidos que aglutina su I+D. Internet es el ejemplo más popular, pero existen muchos otros, menos conocidos, como el hecho de que las pantallas táctiles que hoy en día usamos en

nuestros teléfonos tiene su origen en una aplicación de la fuerza aérea norteamericana. En el caso de Israel, los mensajes de texto (popularmente conocidos como SMS) tienen su origen también en una innovación militar, y las nanocámaras que empleamos en medicina proceden, a su vez, de las cámaras que guían a los instrumentos de balística israelíes. De aquí se deduce que un intenso diálogo entre la comunidad científica, económica y militar es clave para mantener el liderazgo en la producción tecnológica. Dicho liderazgo será elemental para retener y proyectar poder geopolítico.

Cuarto: si la capacidad de proyectar poder militar y geopolítico depende del poder económico y, teniendo en cuenta que cuando el primero excede al segundo se gesta la decadencia (recordemos la Roma de los siglos III y IV, la España del s. XVII, la Rusia imperial de principios del XX o la Unión Soviética de los 70...), hay que replantear la relación entre ambas. Una vez una economía esté optimizada, la única forma de incrementar el PIB es mediante dos factores: el incremento de la población y el incremento de la productividad. El primero apenas contribuye en la mayoría de los países desarrollados (tampoco en China). El segundo debería depender de la innovación tecnológica. Lo cierto es que su crecimiento ha sido exiguo desde los años 70. Sin embargo la disrupción tecnológica analizada en este artículo contribuirá antes o después a mayores incrementos de productividad (Figura 7). Los países que logren este hito serán capaces de crecer más rápido, afianzando así su poder geopolítico.



**Figura 7: Crecimiento de la productividad. Nota: incluimos múltiples tecnologías en nuestro análisis de “automatización”, por lo que estas tecnologías no son del todo comparables, sino que se utilizan para comparar magnitudes. Fuente: McKinsey (2017). «A Future that Works: Automation, Employment and Productivity»**

## Conclusiones finales

En los últimos tiempos, muchos economistas y bancos centrales se han fro-  
tado los ojos sin entender por qué las bajadas de desempleo no se han tra-

ducido en mayores salarios, algo esperable según una ley clásica de la economía, la ley de Philips. Quizás la disrupción tecnológica que analizamos en este artículo nos explique cómo el desplazamiento de trabajadores por robots está provocando un exceso de oferta en el mercado laboral a precios menores, de lo que resultan salarios que siguen en retroceso como porcentaje del PIB en muchas economías mundiales; luego no es un fenómeno asociado al libre comercio, ya que no comerciamos con Marte. Casi con total seguridad es una consecuencia de la robotización. Mientras los precios de bienes básicos, como la vivienda, siguen subiendo muy por encima de los salarios, se abre un enorme interrogante sobre las consecuencias políticas de este entorno.

Ante la acelerada concatenación de innovaciones tecnológicas que nos rodean durante los últimos años, los agentes económicos tendemos a experimentar sentimientos de desconocimiento e incertidumbre que derivan muchas veces en miedo. Y es cierto que, históricamente, el avance tecnológico ha provocado tanto decepciones, por no ser capaz de responder al final a las elevadas expectativas que genera, como recelos en las poblaciones, que algunos segmentos ocupacionales han sentido en sus carnes en forma de importantes reducciones de empleo.

Sin embargo, estamos en un momento histórico en el que la probabilidad de impactos realmente significativos de las nuevas tecnologías es muy elevada, por cuanto han coincidido en el tiempo unas ganancias muy relevantes en capacidad de captación, almacenaje y análisis de ingentes cantidades de datos, todo ello de una forma muy asequible económicamente, con una enorme capacidad de conectividad en las redes (internet, entornos abiertos, generalización de teléfonos inteligentes, etc.). Y cuando se produce tal cantidad de grandes desarrollos tecnológicos en relativamente poco tiempo, los efectos, una vez diseminados masivamente, pueden llegar a ser exponenciales.

La ley de Moore afirma que el poder de computación se duplica cada dieciocho meses, por lo que pronto un ordenador superará la mente humana. Pero las empresas muestran mayor resistencia al cambio tecnológico que las personas, lo que hace necesario que acometan la transformación digital, que consiste en adaptarse al cliente mediante el ajuste de modelos de negocio, de producto, y la manera de trabajar, optimizando procesos gracias a la automatización y las tecnologías. Las compañías que la lleven a cabo de manera prematura y exitosa tendrán una ventaja competitiva tremendamente diferencial. La competencia que mata es aquella que no se parece en nada a ti...

Por otro lado, el mencionado recelo de las sociedades ante el avance tecnológico debería verse muy mitigado por la evidencia aplastante de que, a largo plazo, sus efectos siempre han sido realmente positivos para el mundo, en general. Aunque sus beneficios se hayan esparcido desigualmente, la gran mayoría de las poblaciones se han visto favorecidas por claras ganancias de

calidad de vida. Naciones Unidas estima que la pobreza global se ha reducido más en los últimos cincuenta años que en los quinientos anteriores.

Existen tecnologías más reseñables, tanto por sus mayores impactos potenciales como por su adopción generalizada prevista de manera más próxima en el tiempo (inteligencia artificial y automatización / macrodatos, internet de las cosas, vehículo autónomo). Aunque en todos los casos estamos en un momento de fase temprana de adopción, teniendo en cuenta sus potencialidades, los avances están siendo muy rápidos desde hace tiempo y cada vez más extendidos transversalmente entre industrias. Ante los indudables beneficios de la tecnología, esta ha venido para quedarse, aunque todavía pasarán unos años (entre cinco y diez, dependiendo de la tecnología) para que estén plenamente adoptadas y los impactos plasmados en proporciones elevadas. Prueba de esta adopción futura es el cambio de actitud de los gobiernos ante la revolución tecnológica, con una mayor tendencia hacia la regulación del sector.

Ante la ganancia de eficiencia de las compañías que implementen las nuevas tecnologías, en muchos casos las máquinas y los sistemas sustituirán a las personas, provocando reducciones de empleo temporalmente en multitud de ocupaciones e industrias (fenómeno transversal). Aunque también surgirán otros muchos empleos diferentes, como en todas las revoluciones tecnológicas, en algunas poblaciones pueden tardar más de lo tolerable, generándose potencial y transitoriamente algunas tensiones sociales. A largo plazo, la productividad deberá crecer estructuralmente más de lo esperado, lo que provocará una reducción de las desigualdades sociales al beneficiarse capas poblacionales crecientes de ganancias salariales vinculadas. A corto plazo, sin embargo, la transición entre destrucción de "viejos" empleos y creación de "nuevos" puede ser superior a lo deseable, afectando negativamente a la desigualdad. En cualquier caso, la educación se antoja como herramienta indispensable para mitigar los factores sociales negativos asociados al proceso de cambio: la formación continua adaptada al mismo es esencial para captar el máximo beneficio.

Respecto a la macroeconomía, creemos que los avances de la productividad pueden ser, a futuro, estructuralmente superiores a los modestos ritmos actuales (en torno al +0,5 % en países desarrollados). Este hecho debería incrementar los crecimientos reales del PIB (netos de inflación) y con ello los tipos de interés reales, aunque estos también serán impulsados por otros motivos. Y ambos escenarios no están siendo contemplados por el consenso del mercado; una subida de tipos podría provocar una caída de los mercados financieros por menores valoraciones asociadas de los activos.

Además, conviene reseñar que los efectos del desarrollo tecnológico no serán los mismos en todos los países, de manera que habrá algunos que estarán más expuestos que otros. Por ejemplo, los países emergentes, más intensivos habitualmente en mano de obra, pueden verse negativamente

afectados por la pérdida de su enorme ventaja competitiva de salarios muy reducidos, si la robótica y la inteligencia artificial contribuyen a incrementar la eficiencia de las máquinas de manera significativa.

Finalmente, como se dice, «lo más importante es que lo más importante sea lo más importante». Al haber analizado la disrupción tecnológica no cabe sino llamar la atención sobre la enorme responsabilidad que nos atañe a todos para ser solidarios y poder paliar las consecuencias negativas que esta pueda generar entre los segmentos de población más débiles. Debemos favorecer dos factores clave:

- En primer lugar, incentivar en la medida de lo posible un sistema educativo que sea capaz de responder adecuadamente a las demandas asociadas al rápido avance tecnológico. Tendremos que plantearnos diariamente las siguientes preguntas: ¿cómo educamos a nuestros hijos? y ¿cómo reeducamos a nuestros mayores?
- En segundo lugar, frente a la posible confirmación de pérdida significativa de empleo por las nuevas tecnologías y el esperado aumento de la desigualdad de rentas entre los dueños del capital tecnológico y las personas que pierdan sus puestos de trabajo, el gobierno deberá mitigar el posible descontento social transitorio, por ejemplo, diseñando sistemas fiscales y ayudas temporales bien enfocadas que puedan reducir las desigualdades excesivas; o implantando la renta básica universal, aunque por ahora parece muy difícil desde el punto de vista económico. En cualquier caso, cabe mencionar que podrían utilizarse los ahorros que la tecnología contribuirá a generar para las arcas públicas (como la reducción de accidentes por el vehículo autónomo) para financiar cualquier tipo de ayuda.

Comenzábamos esta publicación exponiendo el trasfondo histórico de la disrupción tecnológica. Ya en 1931, Einstein se hacía eco del posible impacto que tendrían los robots en nuestras vidas futuras cuando afirmaba que las tecnologías destinadas a servir al progreso del mundo, liberando a la humanidad de la esclavitud del trabajo, estaban a punto de abrumar a sus creadores.

Del mismo modo, el genio de Leonardo da Vinci, ya en el siglo xvi, fue capaz de visionar robots y vehículos autónomos, visiones que se están haciendo realidad en los siglos xx y xxi. En la misma época, brilló también Miguel Ángel, que pintó la Capilla Sixtina, en el Vaticano. En el punto central de su grandioso fresco, el ser humano y Dios se acercan, juntando sus índices. Quizás el genio de Leonardo da Vinci y el de Miguel Ángel también trascendió al arte y se pudo reflejar y anticipar cómo este acercamiento se aceleraría con la revolución de la tecnología: el hombre comienza a jugar a ser Dios.

Ya veremos cuáles son las consecuencias. Recordemos siempre que el inventor del ajedrez era muy inteligente, pero murió decapitado a causa de su altivez.

## Bibliografía

- ALI, R.; BARRDEAR, J.; CLEWS, R.; y SOUTHGATE, J. «Innovations in Payment Technologies and the Emergence of Digital Currencies». Londres: Banco de Inglaterra 2014.
- ARIAS, Daniel. «Disruptive Innovations III Ten More Things to Stop and Think About». Citi GPS: Global Perspectives & Solutions, 2015.
- ARNTZ, M.; GREGORY, T.; y ZIERAHN, U. «The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis». París: OECD Publishing 2016.
- AUDIER, Agnes. «The BIM Revolution Comes to Building Materials». Boston Consulting Group, 2007.
- BENEDIKT FREY, Carl; OSBORNE, Michael A. «The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerization?». Oxford: Oxford Martin School 2013.
- BENEDIKT FREY, Carl. «Technology at Work v2.0. The Future is Not What It Used to Be». Citi GPS: Global Perspectives & Solutions, 2016.
- BlackRock. «Interpreting Innovation: Impact on Productivity, Inflation & Investing». Nueva York, 2014.
- BOGLIACINO, Francesco. «The Impact of Innovation on Labour Productivity Growth in European Industries: Does it Depend on Firms' Competitiveness Strategies?». JRC Technical Notes, 2009.
- BOZIN, James. «Is Universal Basic Income a Good Idea?». Wharton University, 2017.
- BRIDGES, Rutt. «Driverless Car Revolution: Buy Mobility, not Metal». 2015.
- COLUMBUS, L. «2015 Roundup of 3D Printing Market Forecasts and Estimates». Forbes, 2015.
- CONGER, Kate; CAMERON, Dell. «Google Is Helping the Pentagon Build AI for Drones». 3 de Junio de 2018. <https://gizmodo.com/google-is-helping-the-pentagon-build-ai-for-drones-1823464533>
- DALE-JOHNSON, D, Ph.; D., MELTON S. «Impacts of Autonomous and Driverless Cars on CRE». *Naiop Development Magazine*, 2016.
- DESPEISSE, M.; FORD, S. «The Role of Additive Manufacturing in Improving Resource Efficiency and Sustainability». Cambridge: University of Cambridge 2015.
- Ernst & Young. «Internet of Things – Human-machine Interactions that Unlock Possibilities». EY, 2016.
- Fortune Magazine, «Is This Tiny European Nation a Preview of Our Tech Future? ». *Finance Yahoo*. Abril, 2017.
- FREY, C. B.; OSBORNE, M. «The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerization?». 2013.
- FURMAN, Jason. «Artificial Intelligence, Automation, and the Economy». Executive Office of the President of the United States of America, 2016.



## La disrupción tecnológica ya está aquí. Cómo afecta a las...

- GARFINKEL, Haskell. «FinTech ReCap and Funding ReView». DeNovo, PWC, 2016.
- GMO. «The Deep Causes for Secular Stagnation and the Rise of Populism». 2017.
- Goldman Sachs. «Emerging Theme Radar». GS, 2015.
- HALL H. Bronwyn. «Using Productivity Growth as an Innovation Indicator». University of Maastricht, 2011.
- HIGGINS, Stan. «Trump Signs Defense Bill Authorizing. Coindesk». 12 de diciembre de 2017. <https://www.coindesk.com/trump-signs-defense-bill-authorizing-blockchain-study/>
- HILLS, J. «How Self-driving Cars Will Transform Real Estate». *Real Estate Business*, 2016.
- KPMG. «The Pulse of FinTech». KPMG, 2017.
- LAUSLHATI, K.; MATTILDA, J.; SEPPALA, T.; ETLA. «Smart Contracts – How will Blockchain Technology Affect Contractual Practices?». The Research Institute of the Finnish Economy, 2017.
- MANEY, K. «How Artificial Intelligence and Robots Will Radically Transform the Economy». *Newsweek*, 2016.
- «How Technology Will Solve the Planets Hardest Problems», *Newsweek*, 2016.
- MAULDIN, J. «When Robots Take All of Our Jobs, Remember the Luddites». *Mauldin Economics*, 2017.
- McKinsey & Company. «A Future that Works: Automation, Employment and Productivity». McKinsey & Company, 2017.
- «Automotive Revolution – Perspective towards 2030». McKinsey & Company, 2016.
- «Disruptive Technologies: Advances that Will Transform Life, Business, and the Global Economy». McKinsey & Company, 2013.
- «The Internet of Things: Mapping the Value beyond the Hype». McKinsey & Company, 2015.
- McKinsey Global Institute. «A future that works: Automation, Employment and Productivity». McKinsey & Company, January 2017.
- McKinsey Global Institute. «The Internet of things: Mapping the value beyond the hype». McKinsey & Company, junio 2015.
- MIRONOV, V. et al. «Organ Printing: Computer-aided Jet-based 3D Tissue Engineering». *Trends in Biotechnology*, 2003.
- MOHR, Detley. «Automotive revolution – perspective towards 2030». McKinsey & Company, enero 2016.
- Morgan Stanley. «Autonomous Cars: Self-driving the New Auto Industry Paradigm». Morgan Stanley, 2013.
- NAKAMOTO, S. «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System». Satoshi Nakamoto, 2008.

- PANETTA, Kasey. «Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies». 15 de agosto de 2017. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>
- PAPANYAN, Shushanik. «Cuando los robots lo hacen todo y el ocio es obligatorio: No durante otros 100 años». Madrid: BBVA Research, junio 2017.
- Pew Research Center. «The Internet of Things Connectivity Binge: What Are the Implications?». Pew Research Center, 2017.
- Price Waterhouse Cooper. «Service Robots: The Next Big Productivity Platform». PWC, 2016.
- RCLCO. «A Driverless Vehicle Roadmap for the Real Estate Practitioner – Part 2». RCLCO, 2015.
- RUSSEL, John. «SoftBank's massive Vision Fund raises \$93 billion in its first close». 20 de mayo de 2017. <https://techcrunch.com/2017/05/20/softbank-vision-fund-first-close/>.
- Santander. «The FinTech 2.0 Paper: Rebooting Financial Services». Grupo Santander, 2015.
- SCHARR, Paul. «Army of None: Autonomous Weapons and the Future of War». 24 de abril de 2018. W.W. NORTON &
- SCHUBERT, C.; VAN LAVENGELD; DONOSO, M. L.A., «Innovations in 3D Printing: a 3D Overview from Optics to Organs». *British Journal of Ophthalmology*, 2013.
- SHANKER, Ravi. «Autonomous cars – self driving the new auto industry paradigm». Morgan Stanley, Noviembre 2013.
- SURI, Niranjana, Ph.D.; TORTONESI, Mauro, Ph.D. «Session 13: Military Internet of Things (IoT), Autonomy, and Things to come». MD & Florida Institute for Human % Machine Cognition (IHMC), Pensacola, Florida y Universidad de Ferrara, Italia, <https://static1.squarespace.com/static/53bad224e4b013a11d687e40/t/57e41eac8419c2f2791befb5/1474567857321/Panel+-+Military+IoT%2C+Autonomy%2C+and+Things+to+Come.pdf>
- The Boston Consulting Group. «A CEOs Guide to Leading Digital Transformation». BSC, 2017.
- «Digital in Engineering and Construction». BSC, 2016.
- Ventola, C.L. «Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses». US National Library of Medicine, National Institute of Health. National Institute of Health, 2014.
- WELLER, Ch. «Economic Perspectives on 3D Printing». *International Journal of Production Economics*, 2015.
- Wohler Associates. «Informe Wohler 2017». Wohler Associates, 2017.

## La disrupción tecnológica ya está aquí. Cómo afecta a las...

World Economic Forum. «The Future of Jobs – Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution». World Economic Forum, 2016.

World Government Summit. «WGSTechnologyRadar» 2018. [https://techradar.worldgovernmentsummit.org/?o=0&c=tech\\_FQ6sMAfhmqw45upDX](https://techradar.worldgovernmentsummit.org/?o=0&c=tech_FQ6sMAfhmqw45upDX)

